

XUNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
NICOLE MIGLIORINI MAGAGNIN

CIRCUITOS ELETRÔNICA BÁSICA – M1

Relatório apresentado como requisito parcial para a obtenção da M1 da disciplina de Eletrônica básica do curso de Engenharia de Computação pela Universidade do Vale do Itajaí da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia.

Prof. Walter Antonio Gontijo

1. OBJETIVO

O presente relatório tem como objetivo a representação, cálculo e simulação dos circuitos apresentados em sala durante a primeira média da disciplina de eletrônica básica presente na grade curricular do 6º período do curso de Engenharia de computação. Neste, serão demonstrados cálculos relativos aos conteúdos e as simulações realizadas no software *NI Multisim 14.2*, além de uma comparação de valores entre a teoria e a simulação a fim de perceber a assertividade dos cálculos.

2. INTRODUÇÃO

3. CIRCUITOS

3.1 – REVISÃO DE ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

3.1.1- RESISTÊNCIA EQUIVALENTE

Encontre a resistência equivalente dos circuitos abaixo:

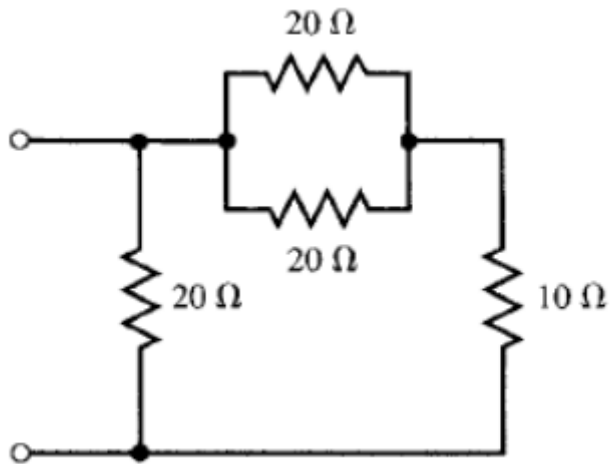


Figura 1 - Circuito 3.1.1 proposto

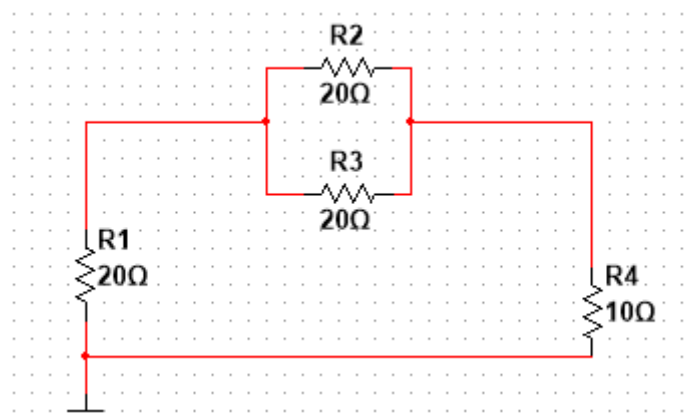


Figura 2 - Circuito 3.1.1 simulado no Multisim

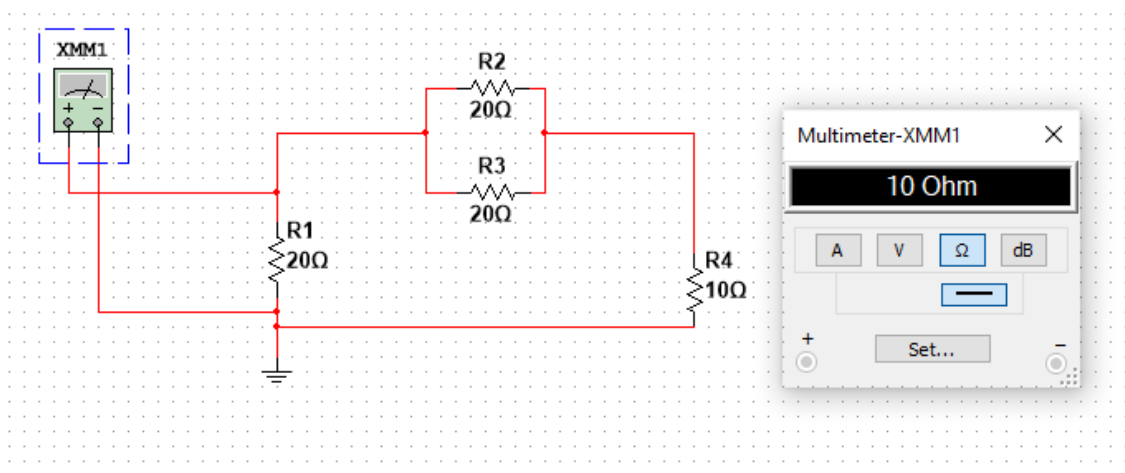


Figura 3 - Resistência equivalente do circuito 3.1.1 mensurada no Multisim

CÁLCULOS

$$20 \, \Omega \parallel 20 \, \Omega + 10 = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10 \, \Omega$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Resistência equivalente	10 Ω	10 Ω

3.1.2- RESISTÊNCIA EQUIVALENTE

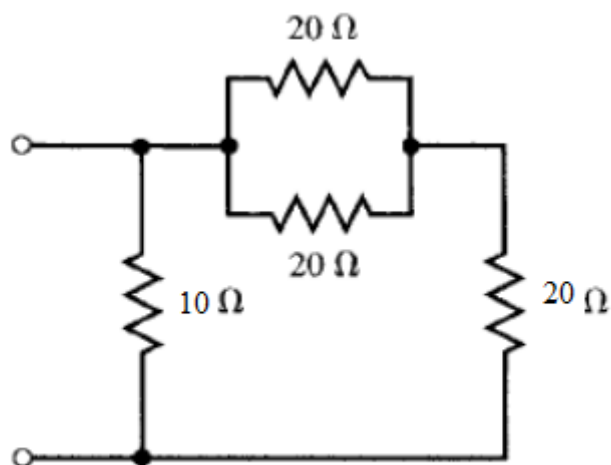


Figura 4 - Circuito 3.1.2 proposto

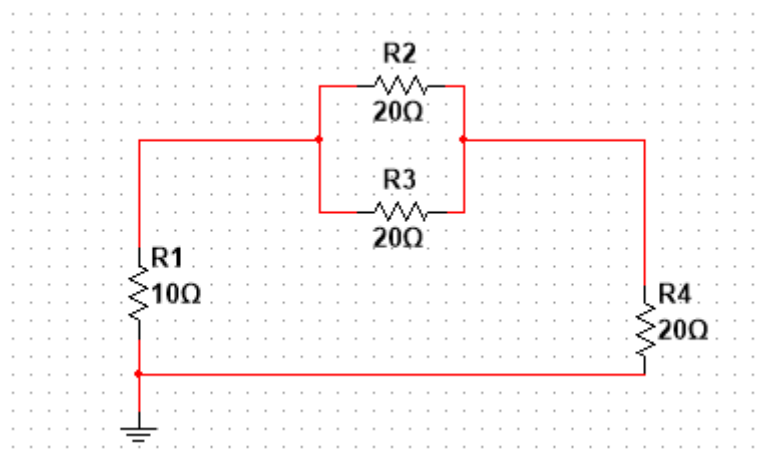


Figura 5 - Circuito 3.1.2 simulado

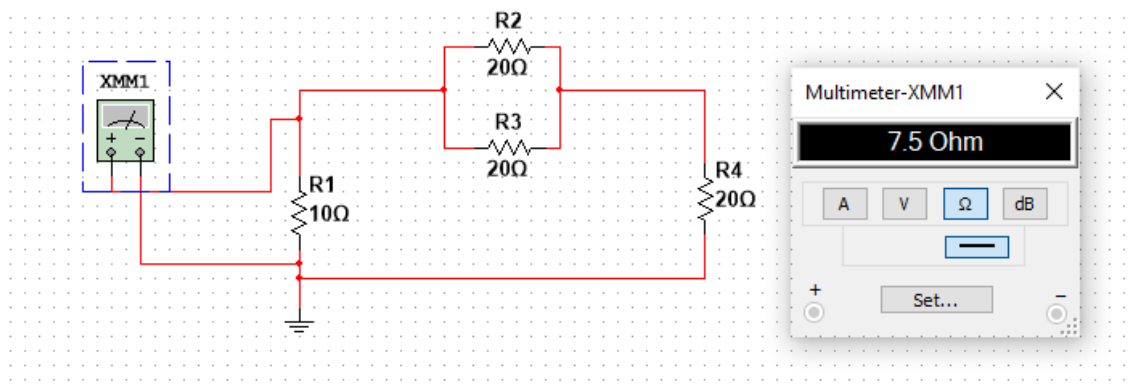


Figura 6 - Resistência equivalente do circuito 3.1.2 mensurada

CÁLCULOS

$$(20 \, \Omega \parallel 20 \, \Omega + 20 \, \Omega) = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10 \, \Omega + 20 \, \Omega$$

$$30 \, \Omega \parallel 10 \, \Omega = 7,5 \, \Omega$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Resistência equivalente	7,5 Ω	7,5 Ω

3.1.3 - MALHA SIMPLES

Encontre V_3 e sua polaridade levando em conta que a corrente I no circuito é de 0,40 A.

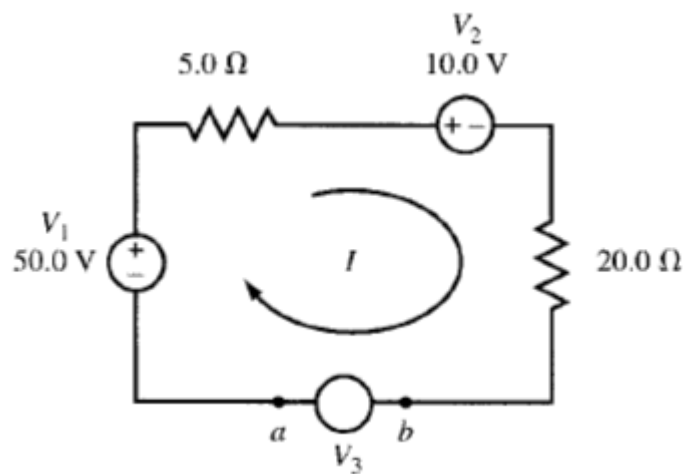


Figura 7 - Circuito 3.1.3 proposto

CÁLCULOS

$$R_{eq} = 20 \, \Omega + 5 \, \Omega = 25 \, \Omega$$

$$- 50V + 25i + 10 \, V = 0$$

$$- 40 \, V = -25 \, i$$

$$i = \frac{40}{25} = 1,6 \, A$$

$$V = R * I$$

$$V_{ab} = 25 * 0,4 \, A$$

$$V_{ab} = 10 \, V$$

$$V_x = 25 * 1,6 \, A$$

$$V_x = 40 \, V$$

$$V_3 = V_x - V_{ab}$$

$$V3 = 30 \text{ V}$$

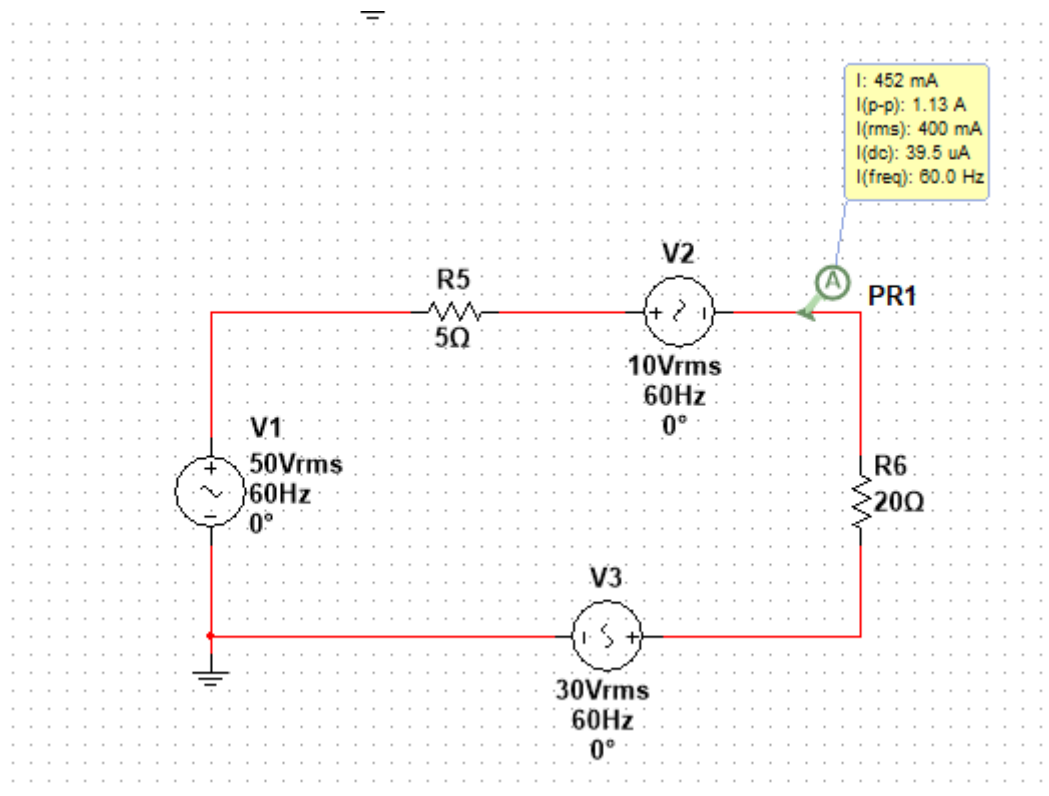


Figura 8 - Circuito 3.1.3 simulado

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Corrente no circuito	0,4 A	0,4 A
V3	30 V	30 V

3.1.14 – MALHAS

Encontre os valores de corrente no circuito a seguir:

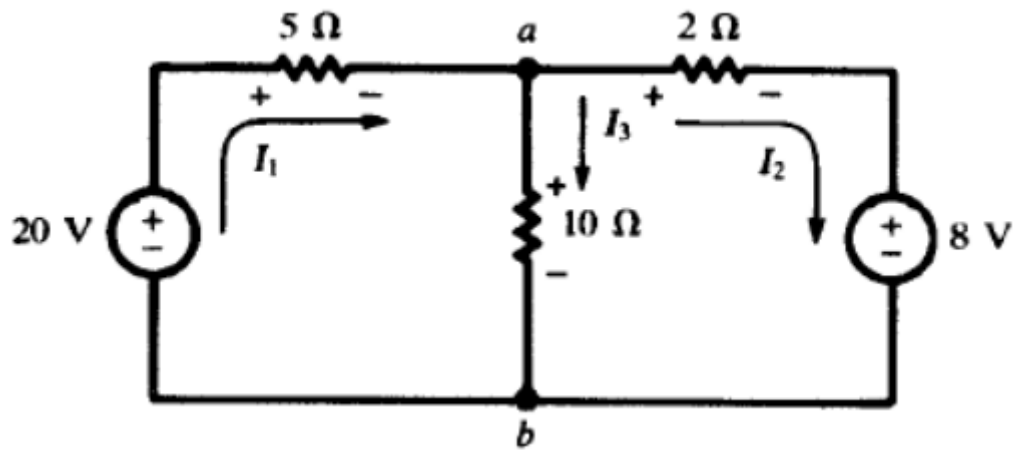


Figura 9 - Circuito 3.1.4 proposto

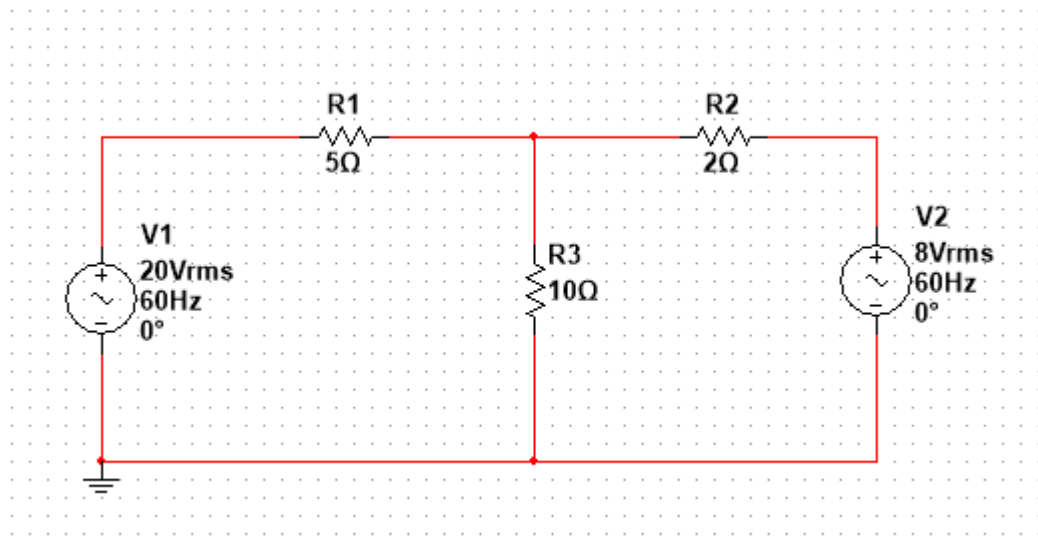


Figura 10 - Circuito 3.1.4 simulado

CÁLCULOS

Malha 1:

$$-20V + 5i_1 + 10(i_1 - i_2) = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 = 20$$

$$15i_1 - 10i_2 = 20$$

Malha 2:

$$8V - 10(i_1 - i_2) + 2i_2 = 0$$

$$-10i_1 + 10i_2 + 2i_2 = -8V$$

$$\begin{cases} 15i_1 - 10i_2 = 20 \quad (*12) \\ -10i_1 + 10i_2 + 2i_2 = -8 \quad (*10) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 180i_1 - 120i_2 = 240 \\ -100i_1 + 100i_2 + 20i_2 = -80 \end{cases}$$

$$180i_1 - 100i_1 - 120i_2 + 120i_2 = 240 - 80$$

$$80i_1 = 160$$

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

Substituindo em malha 1:

$$15 * 2 - 10i_2 = 20$$

$$30 - 10i_2 = 20$$

$$-10i_2 = -10$$

$$I_2 = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = 2 - 1$$

$$I_3 = 1 \text{ A}$$

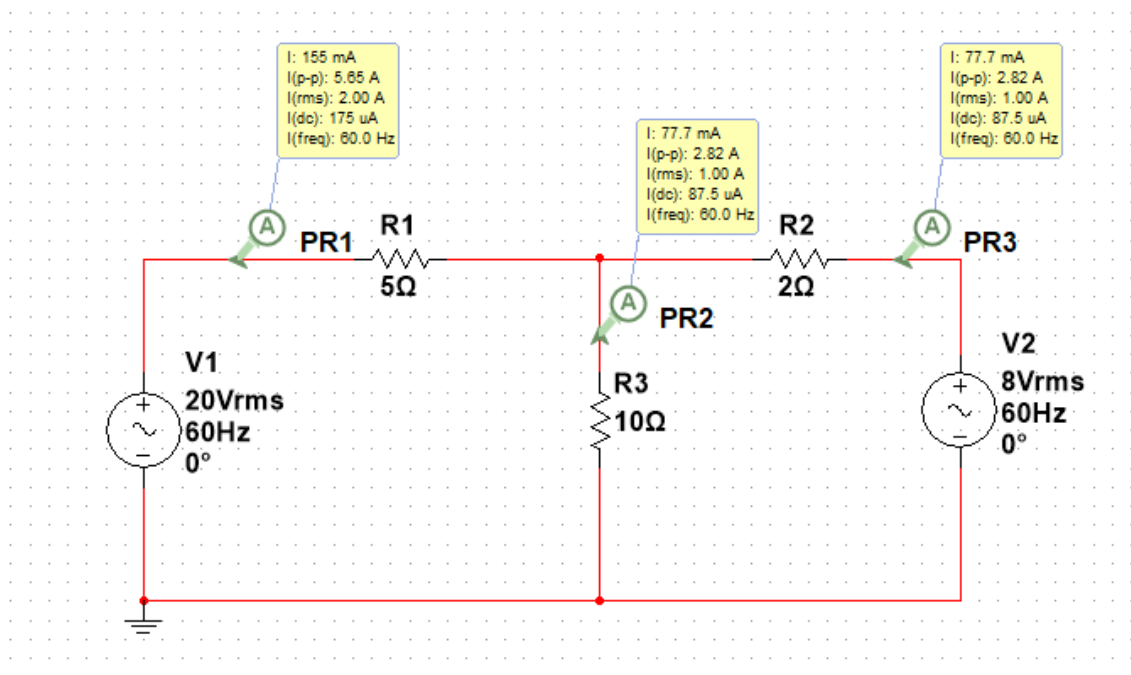


Figura 11 - Mensuração no circuito 3.1.4

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I1	2 A	2 A
I2	1 A	1 A
I3	1 A	1 A

3.1.5 - SUPERPOSIÇÃO

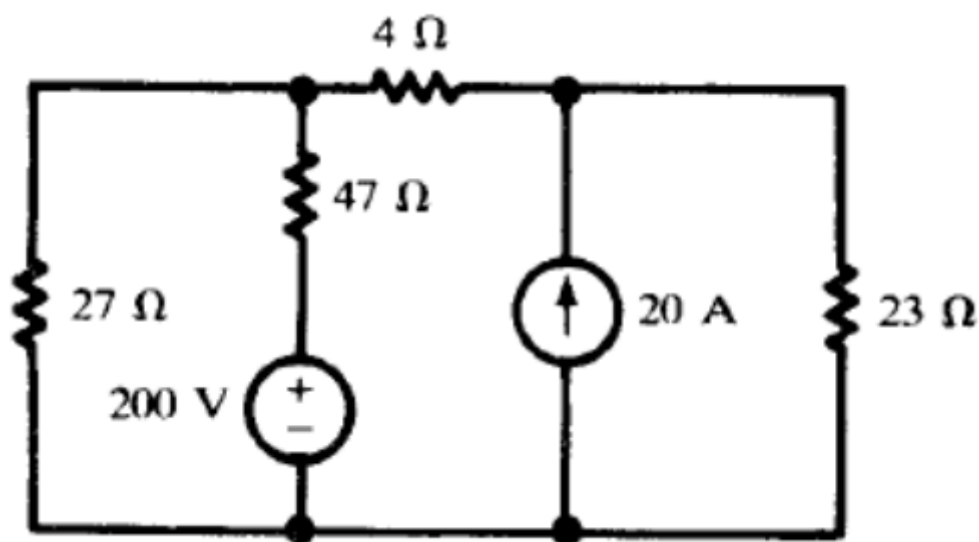
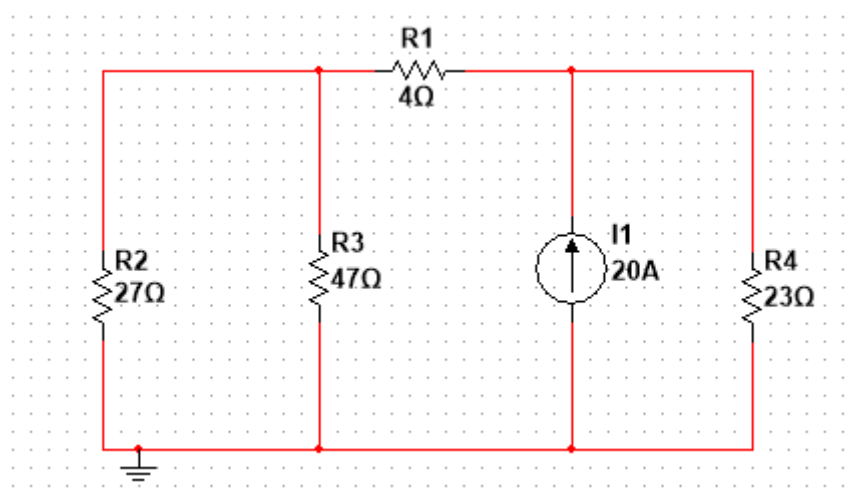


Figura 12 - Circuito 3.1.5 proposto

CÁLCULOS

V1 inativo e V2 ativo:



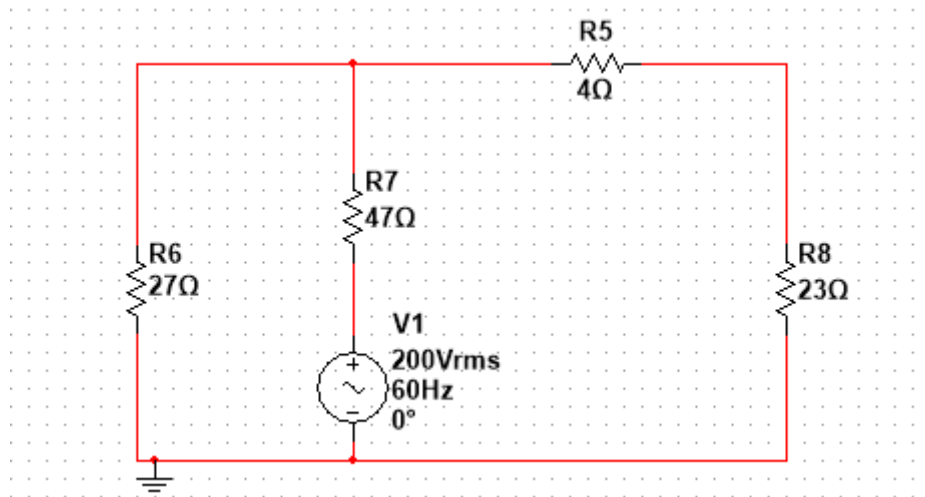
$$R_{eq} = (27 \parallel 47) + 4 = \frac{27 \cdot 47}{27 + 47} + 4 = 21,15 \, \Omega$$

$$R_{eq} = (21,15 \parallel 23) = \frac{21,15 \cdot 23}{21,15 + 23} = 11,02 \, \Omega$$

$$I_x = \frac{20 \cdot 23}{44,15} = -10,42 \text{ A}$$

$$V_1 = 4 \cdot (-10,42) = -41,68 \text{ V}$$

V1 ativo V2 inativo:



$$R_{eq} = (27 \parallel 27) + 47 = \frac{27 \cdot 27}{27 + 27} + 47 = 13,5 + 47 = 60,5 \Omega$$

$$I = \frac{200}{60,5} = 3,31 \text{ A}$$

$$I_x = \frac{27 \cdot 3,31}{27 + 27} = \frac{89,37}{54} = 1,65 \text{ A}$$

$$V_2 = 4 \cdot 1,65 = 6,62$$

$$V_x = 6,62 + (-41,68) = -35,06 \text{ V}$$

$$V_x = 35,06 \text{ V}$$

3.1.6 - THÉVENIN E NORTON

Calcule o equivalente de Thévenin e o equivalente de Norton para o circuito a seguir:

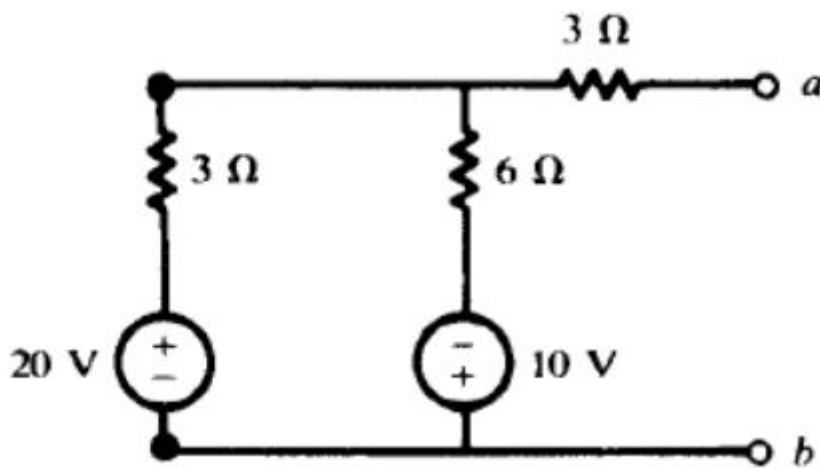


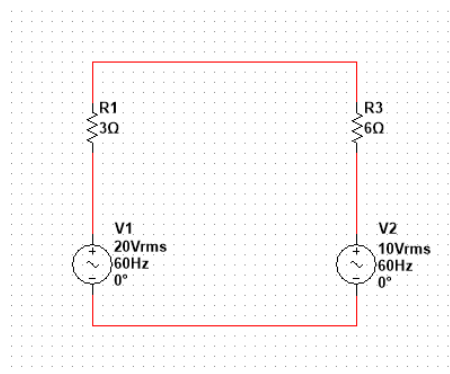
Figura 13 - Circuito 3.1.6 proposto

CÁLCULOS

Thévenin:

$$R_{th} = 6 \parallel 3 = \frac{6 \cdot 3}{9} = 2 \Omega$$

$$R_{th} = 2 + 3 = 5 \Omega$$



$$3i + 6i - 10 \text{ V} - 20 \text{ V} = 0$$

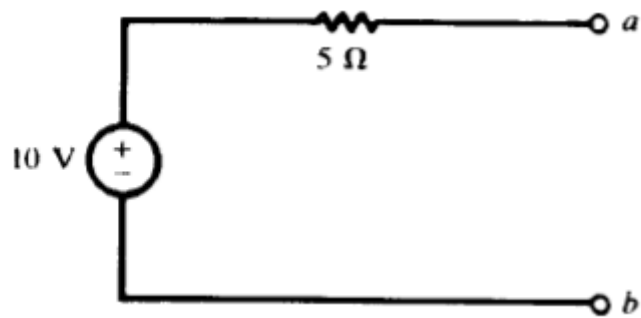
$$9i = 30 \text{ V}$$

$$I = 3,33 \text{ A}$$

$$V_{th} = R3 \cdot I + V2$$

$$V_{th} = 6 \cdot 3,33 - 10$$

$$V_{th} = 9,98 \text{ V}$$



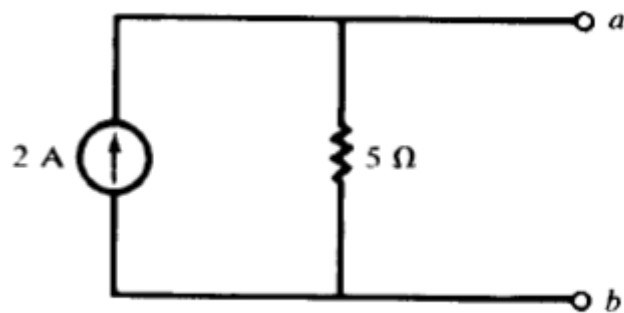
Norton:

$$R_{th} = R_n$$

$$R_n = 5 \, \Omega$$

$$I_n = \frac{V_{th}}{R_{th}} = \frac{9,98}{5}$$

$$I_n = 2 \, A$$



(b) Norton Equivalent

3.2 – DIODOS

3.2.1 – DIODO IDEAL

Calcule I_D , I_R , V_D e V_R , para $E = 11V$. Considere o diodo ideal.

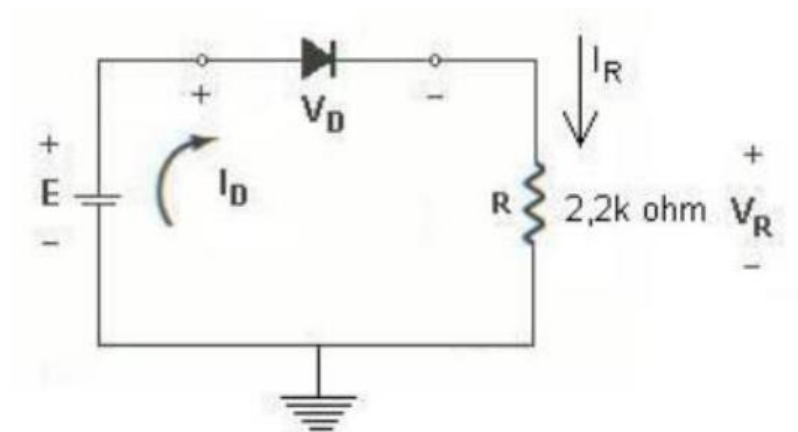


Figura 14 - Circuito 3.2.1 proposto

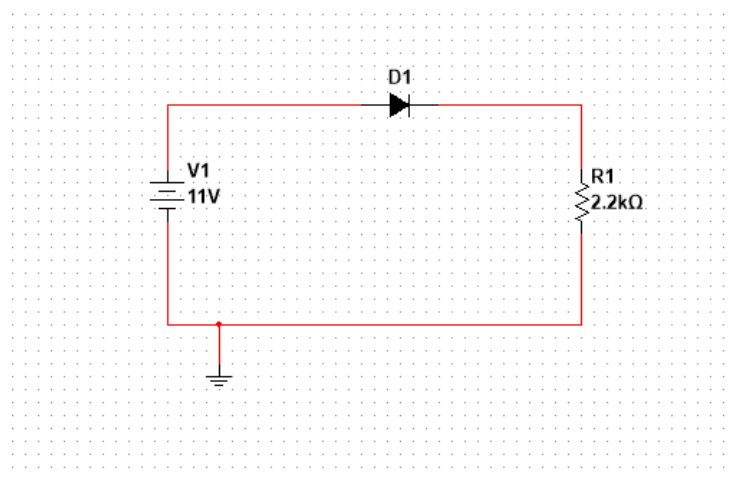


Figura 15 - Circuito 3.2.1 simulado

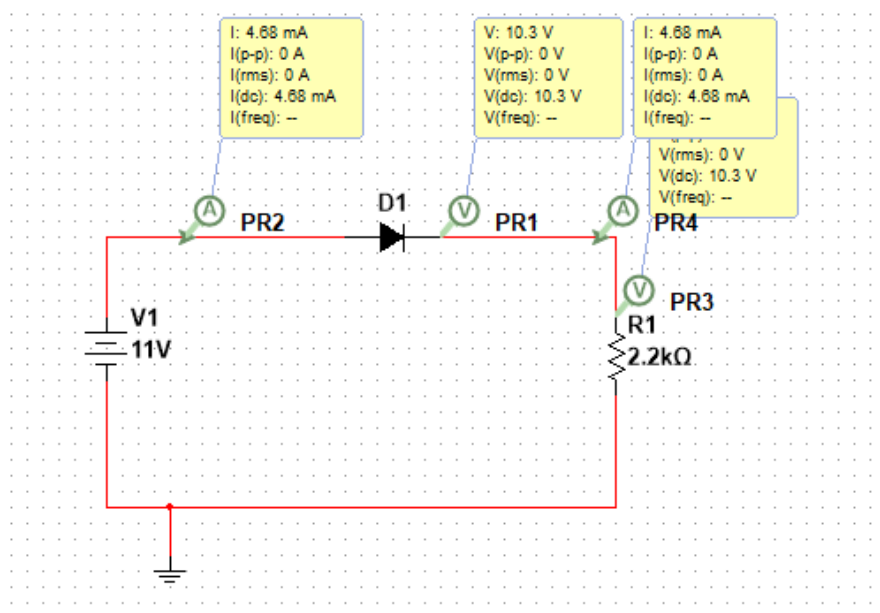


Figura 16 - Mensuração circuito 3.2.1

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	4,68 mA	5 mA
IR	4,68 mA	5 mA
VD	10,3 V	10 V
VR	10,3 V	10 V

CÁLCULOS

$$E - v_D - i * R = 0$$

$$E = V_d + i * R$$

$$I = \frac{11V}{2,2k\Omega} = 0,005 = 5 \text{ mA}$$

$$11 = V_D + 0,005 * 2,2k$$

$$V_D = 11 - 0,005 * 2,2k$$

$$V_D = 11 - 1,1$$

$$V_D = 9,9 \text{ V}$$

$$V_D = V_R$$

$$V_R = 10 \text{ V}$$

Repita o exercício anterior considerando que a polaridade da fonte E foi invertida.

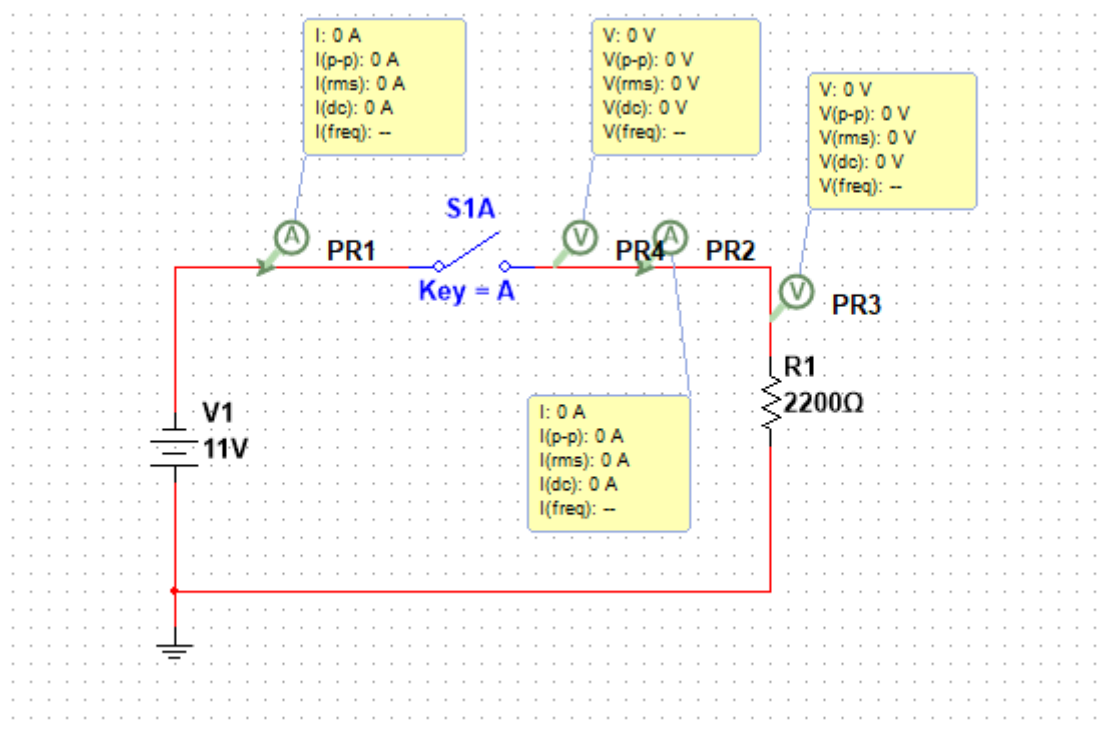


Figura 17 - Circuito 3.2.1 com a fonte invertida polarmente

3.2.2 – DIODO IDEAL

Calcule I_D , V_o e V_{D2} . Considere diodo ideal.

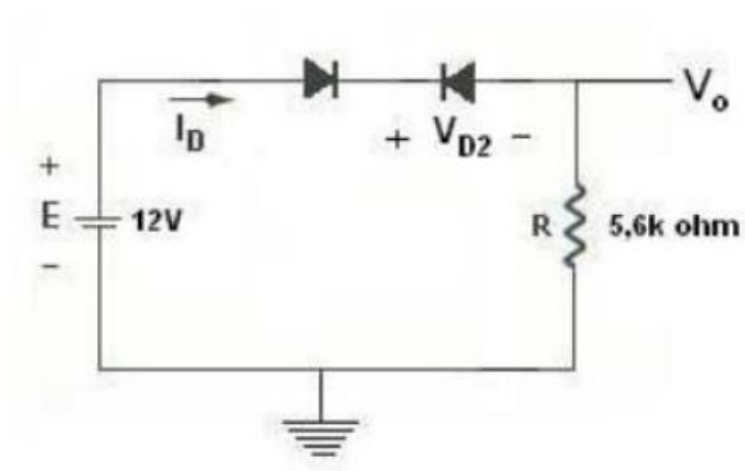


Figura 18 - Circuito 3.2.2 proposto

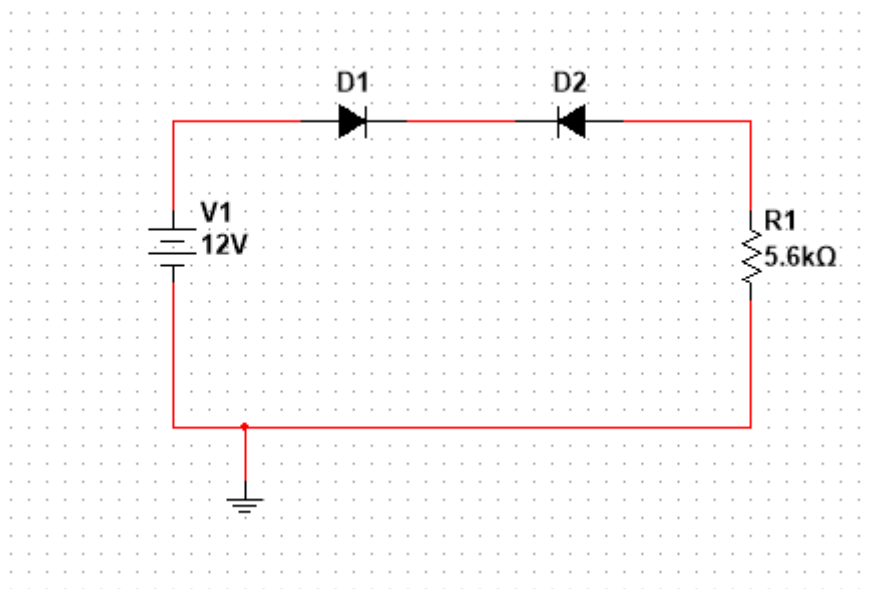
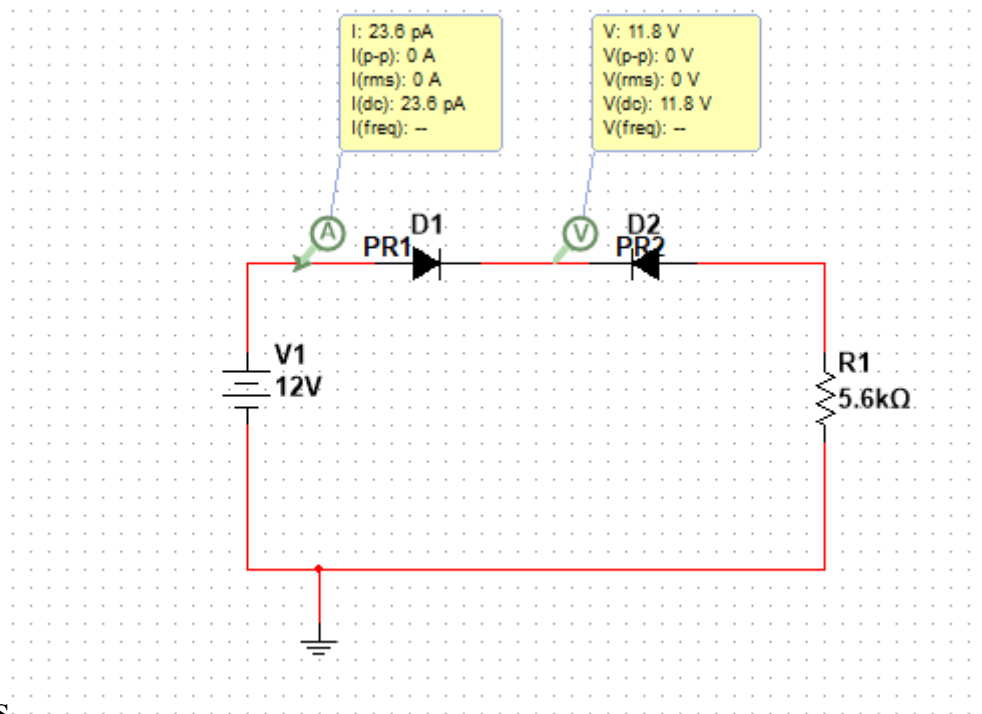


Figura 19 - Circuito 3.2.2 simulado

Figura 20 - Circuito 3.2.2 mensurado



CÁLCULOS

$$I_d = \frac{12}{5,6k}$$

$$I_d = 0,002143 \text{ A} = 0,214 \text{ mA}$$

$$V_0 = 0$$

$$V_{d2} = 12 \text{ V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	0,0023 A	0,0021 A
V0	0	0
VD2	11,8 V	12 V

3.2.3 – DIODO IDEAL

Calcule I, VA, VR e Vo. Considere diodo ideal.

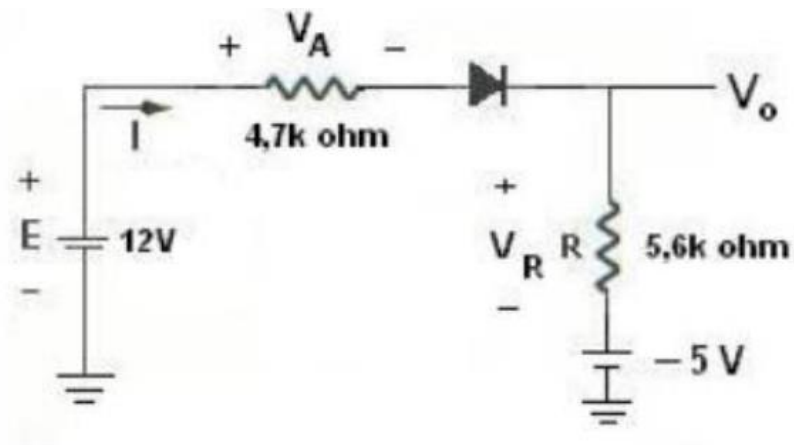


Figura 21 - Circuito 3.2.3 proposto

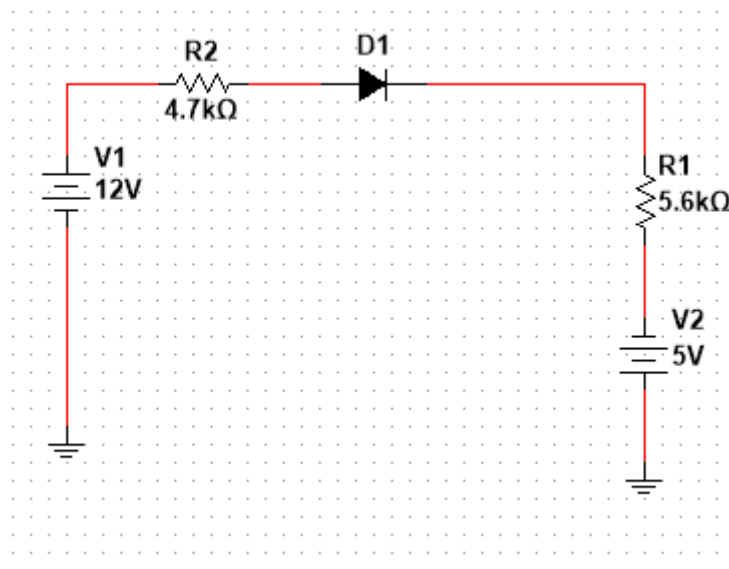


Figura 22 - Circuito 3.2.3 simulado

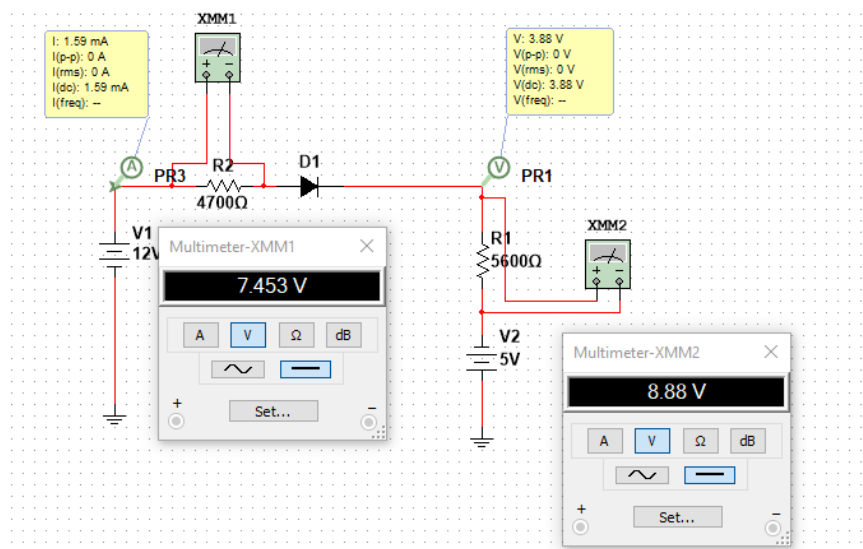


Figura 23 - Circuito 3.2.3 mensurado

CÁLCULOS

$$I = \frac{12 + 5}{4,7\text{ k} + 5,6\text{ k}} = \frac{17}{10,3\text{ k}} = 0,0016\text{ A} = 1,6\text{ mA}$$

$$V_A = R * i = 4,7\text{ k} * 0,0016 = 7,52\text{ V}$$

$$V_R = 5,6\text{ K} * 0,0016 = 8,96\text{ V}$$

$$v_0 = 10,3\text{ k} * 0,0016 = 16,48\text{ V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I	1,59 mA	1,6 mA
VA	7,453 V	7,52 V
VR	8,8 V	8,96 V
V0		

3.2.4 – FORMA DE ONDA

Obtenha a forma de onda V_o para a entrada mostrada. Considere diodo ideal

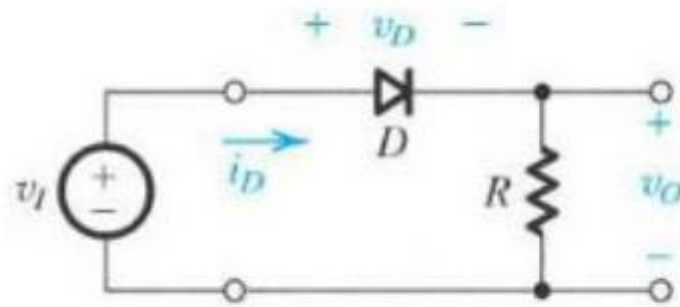


Figura 24 - Circuito 3.2.4 proposto

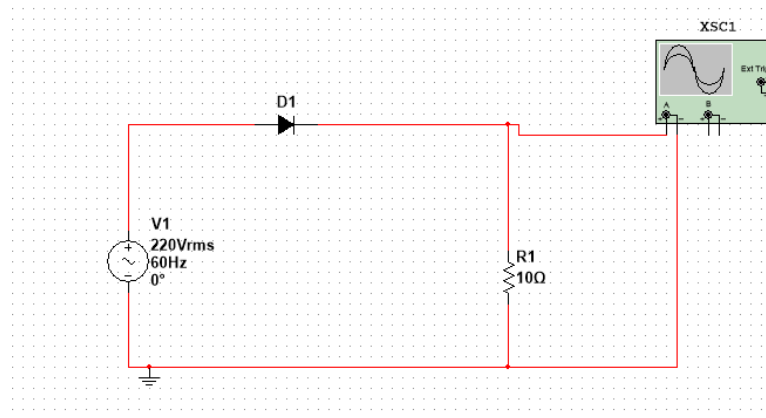


Figura 25 - Circuito 3.2.4 simulado

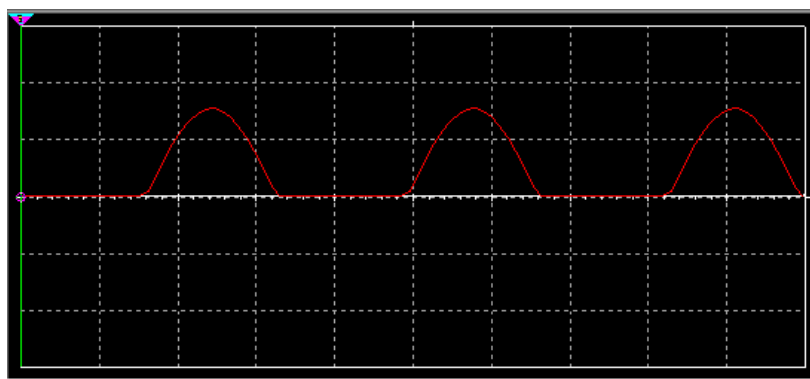


Figura 26 - Circuito 3.2.4 forma de onda

3.2.5 – FORMA DE ONDA CHAVE ABERTA E FECHADA

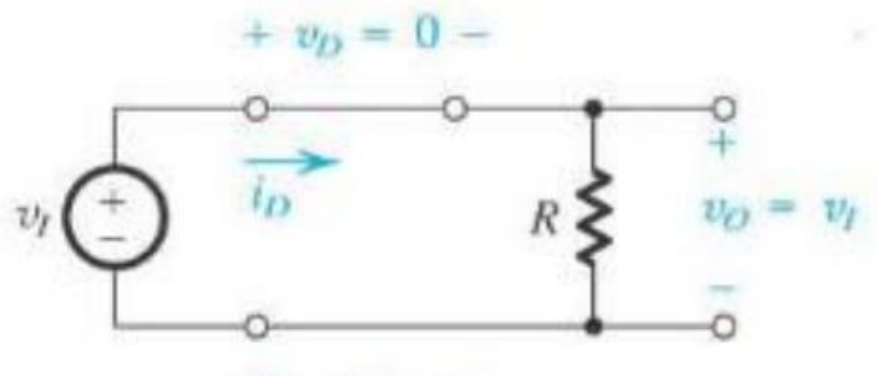


Figura 27 - Circuito 3.2.5-1 proposto

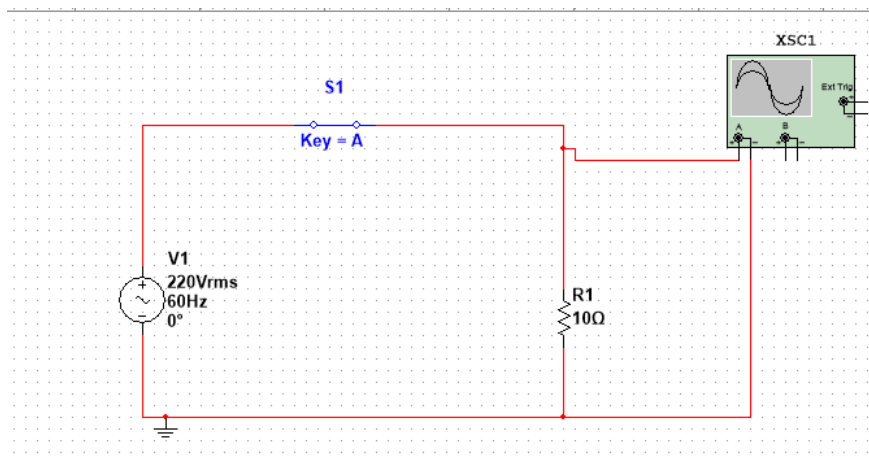


Figura 28 - Circuito 3.2.5 -1 simulado

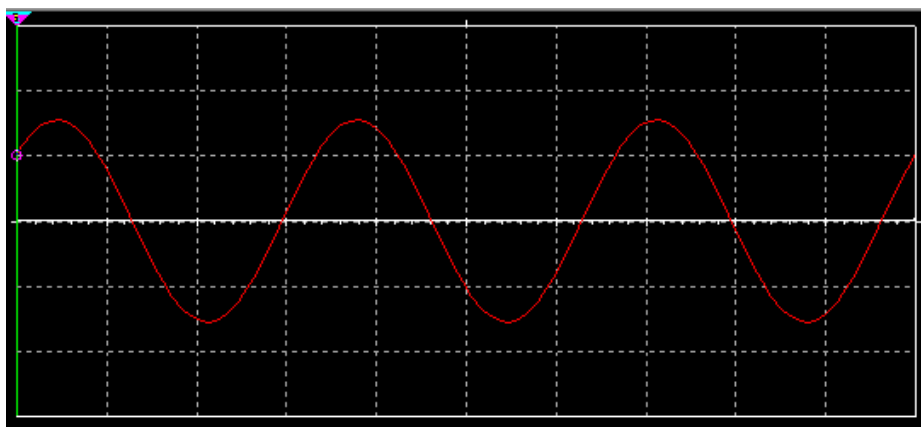


Figura 29 - Circuito 3.2.5-1 forma de onda

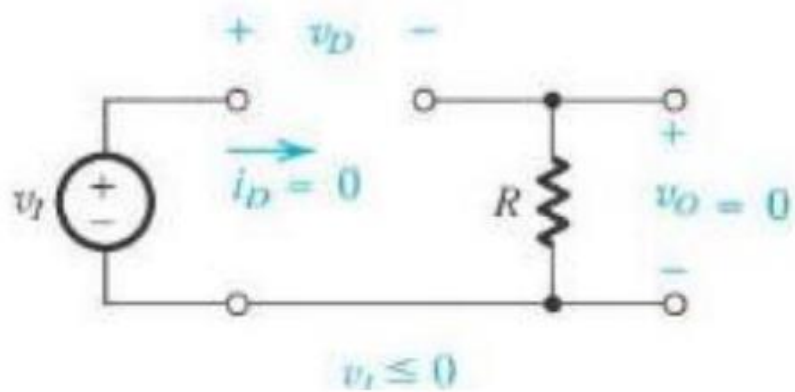


Figura 30 - Circuito 3.2.5-2

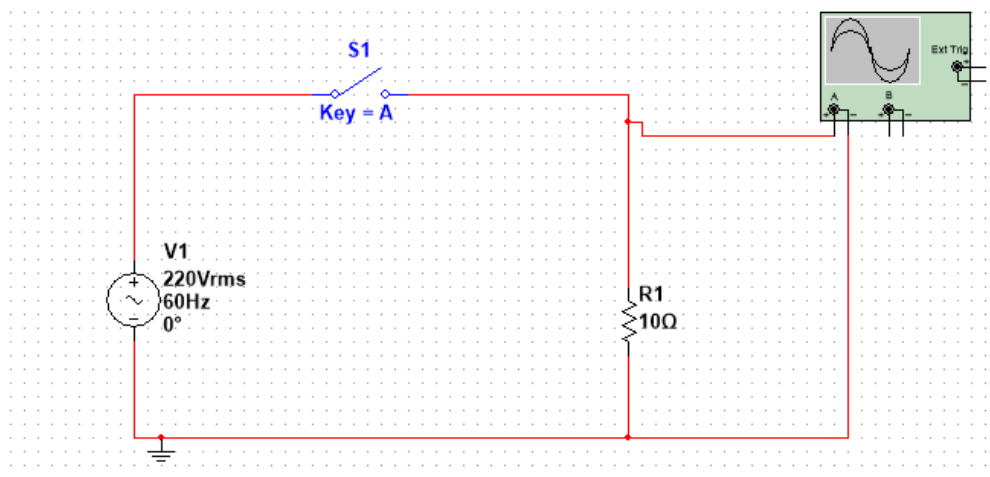


Figura 31 - Circuito 3.2.5 - 2 simulado

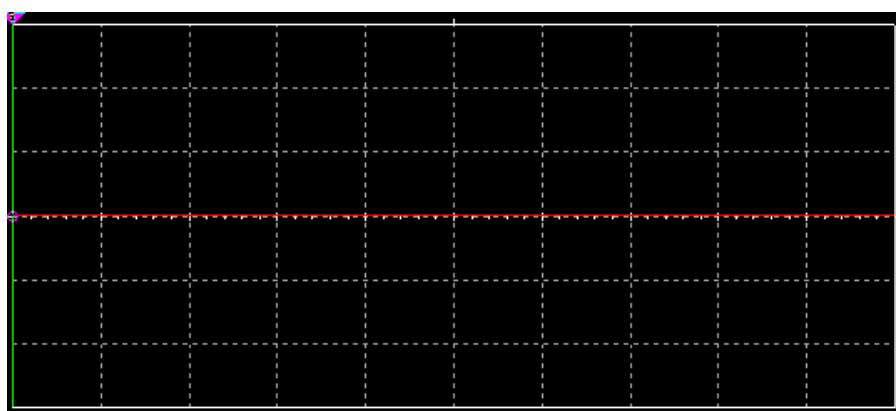


Figura 32 - Circuito 3.2.5-2 forma de onda

3.2.6 – DC SWEEP

Gerar a curva de um ou mais diodos utilizando a ferramenta DC Sweep do software Multisim.

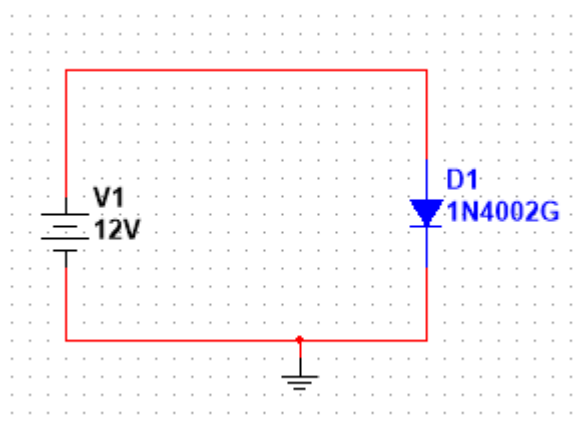


Figura 33 - Diodo número 1

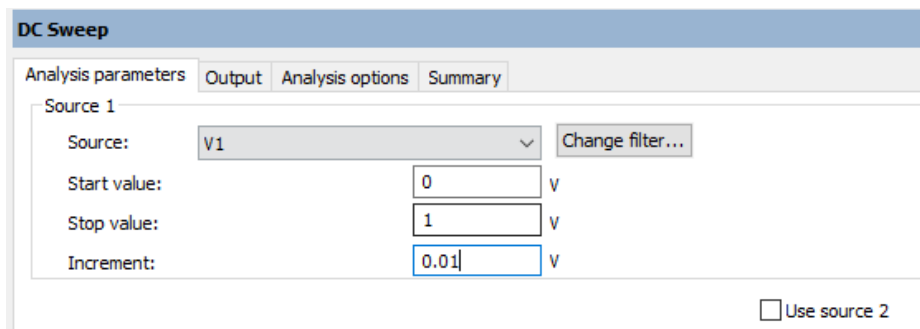


Figura 34 - Configurações DC Sweep

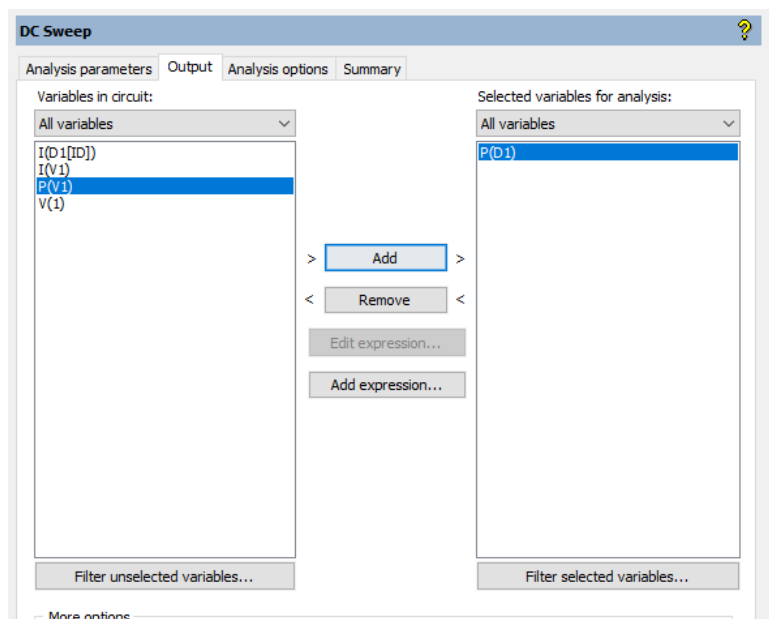


Figura 35 - Configurações de saída DC Sweep

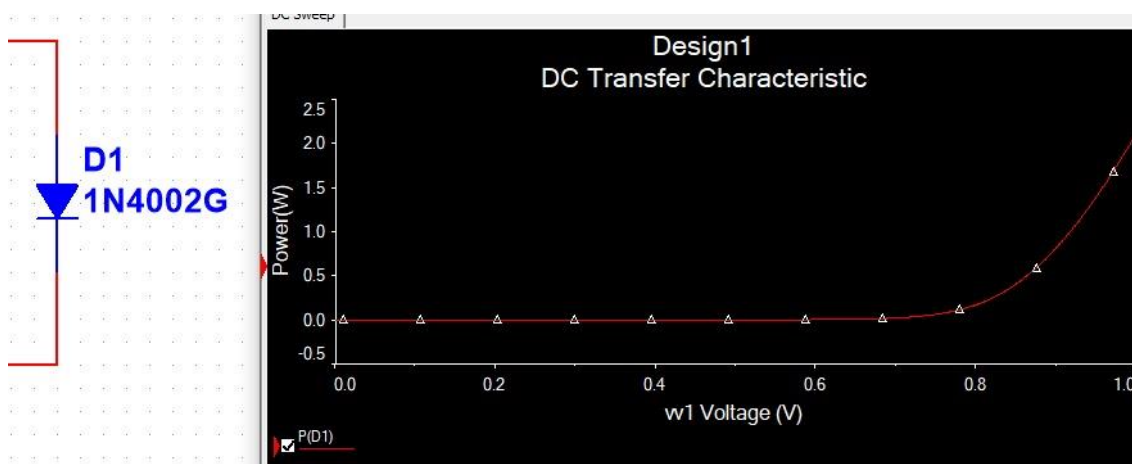


Figura 36 - Curva do diodo 1N4002G

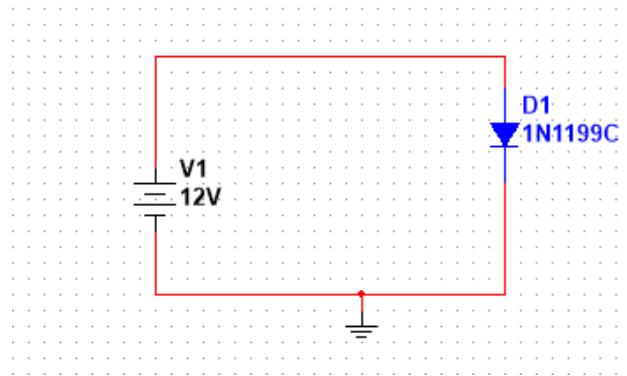


Figura 37 - Diodo número 2

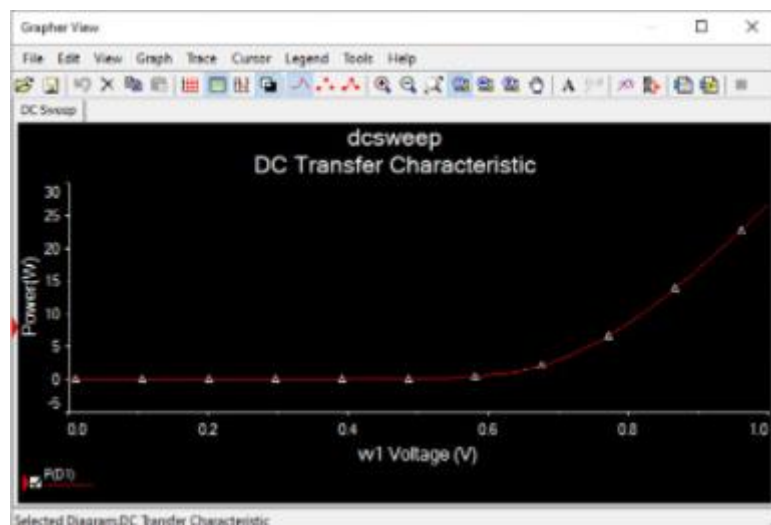


Figura 38 - Curva do diodo 1N1199C

3.3 – Diodo real X Diodo Ideal

3.3.1 – Diodo ideal

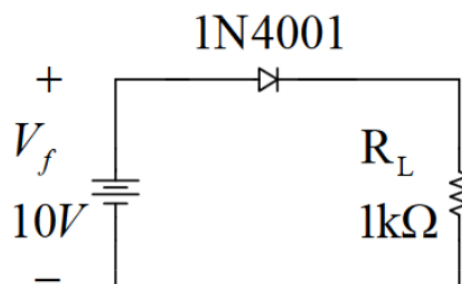


Figura 39 - Circuito 3.3.1 proposto

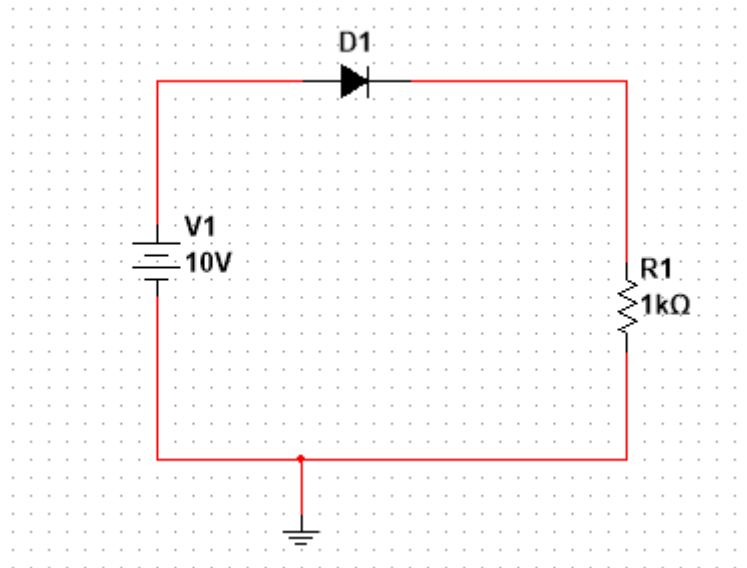


Figura 40 - Circuito 3.3.1 simulado

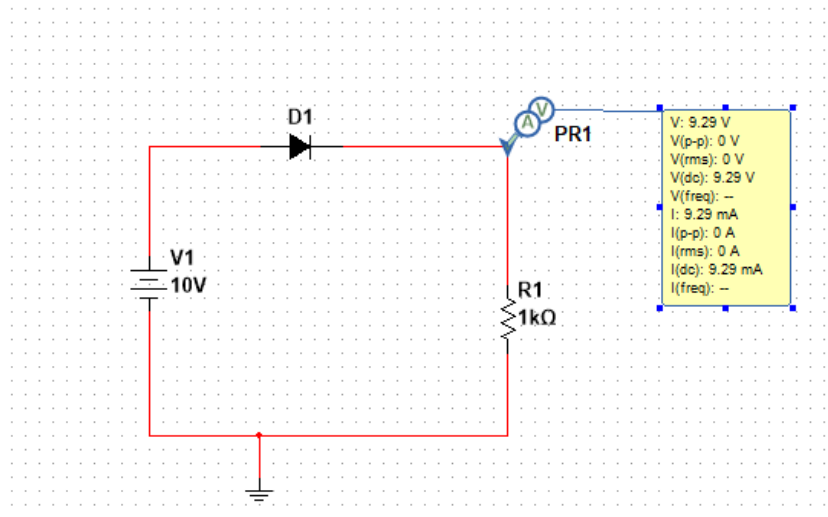


Figura 41 - Circuito 3.3.1 medido

CÁLCULOS

$$I_D = 1\text{mA}$$

$$V_D = 0\text{V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	9,29 mA	1 mA
VD	0 V	0 V

3.3.2 Modelo simplificado

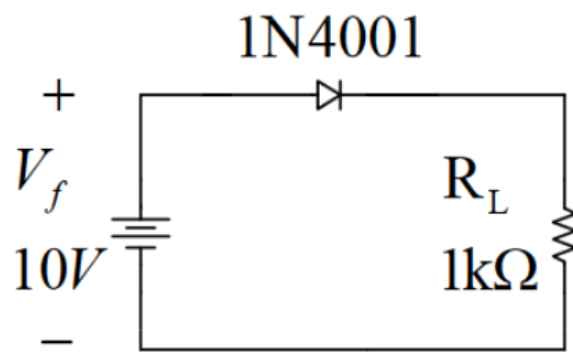


Figura 42 - Circuito 3.3.2 proposto

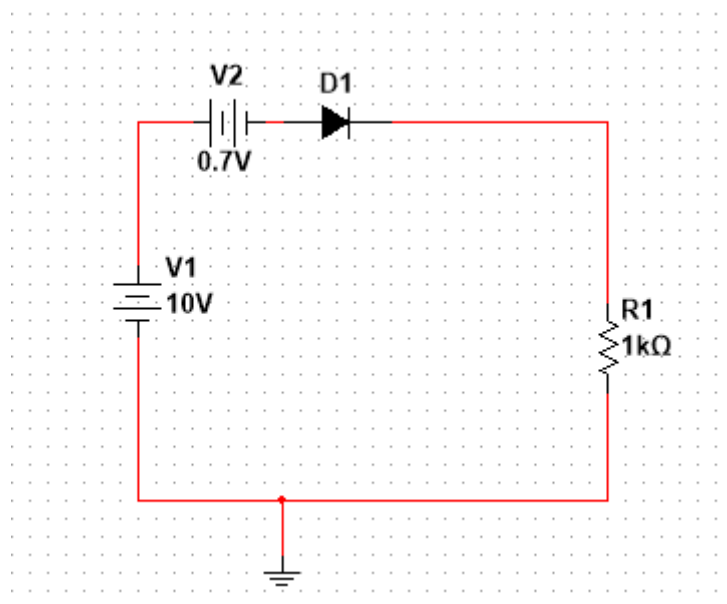


Figura 43 - Circuito 3.3.2 simulado

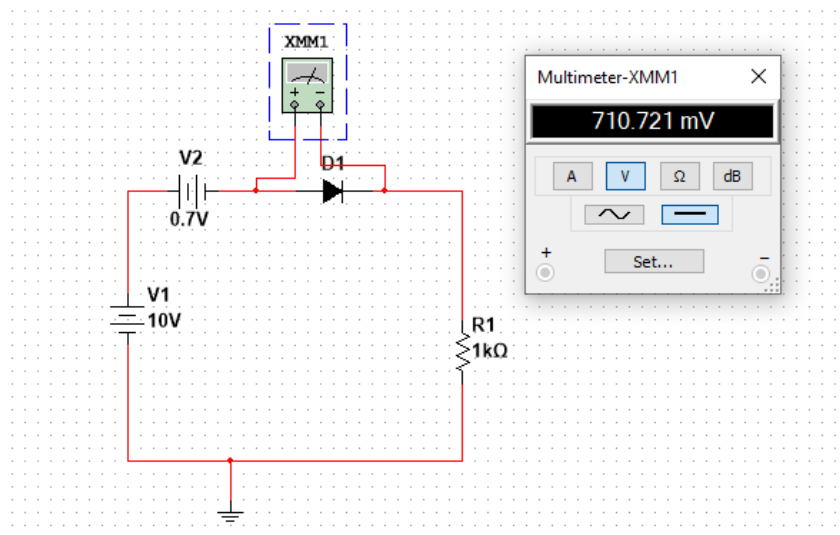


Figura 44 - Circuito 3.3.2 medurado em VD

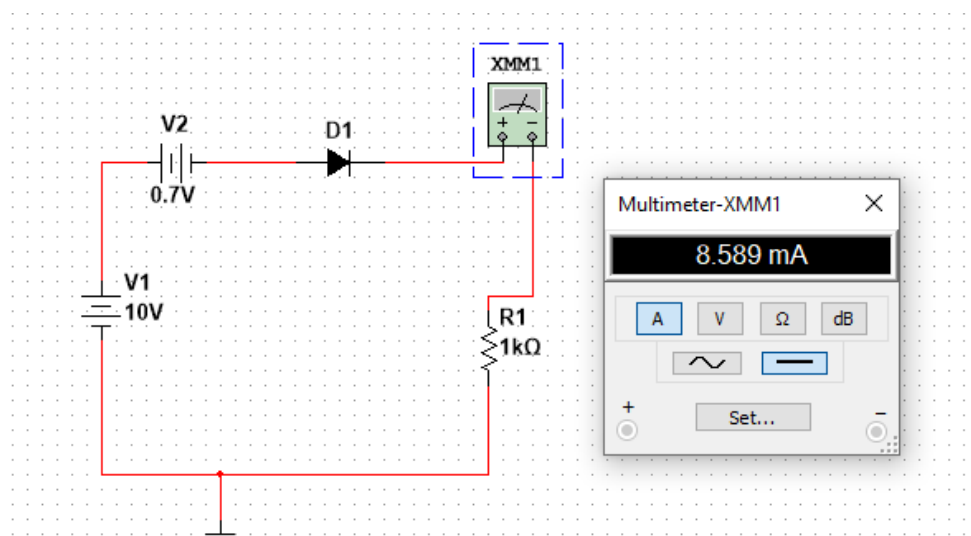


Figura 45 - Circuito 3.3.2 medurado em ID

CÁLCULOS

$$I = V * R$$

$$ID = 10V - 0,7V = 9,3 V \rightarrow 9,3 * 1k\Omega = 9,3 mA$$

$$VD = 0,7 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	8,59 mA	9,3 mA
VD	0,710 V	0,7 V

3.3.3 – Modelo linear – Considere que $R_{avg} = 10R$

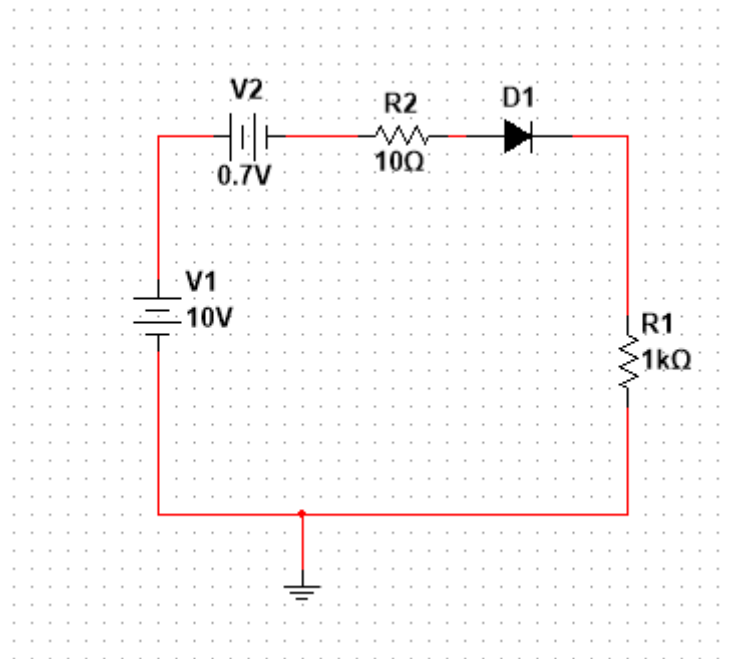


Figura 46 - Circuito 3.3.3 proposto

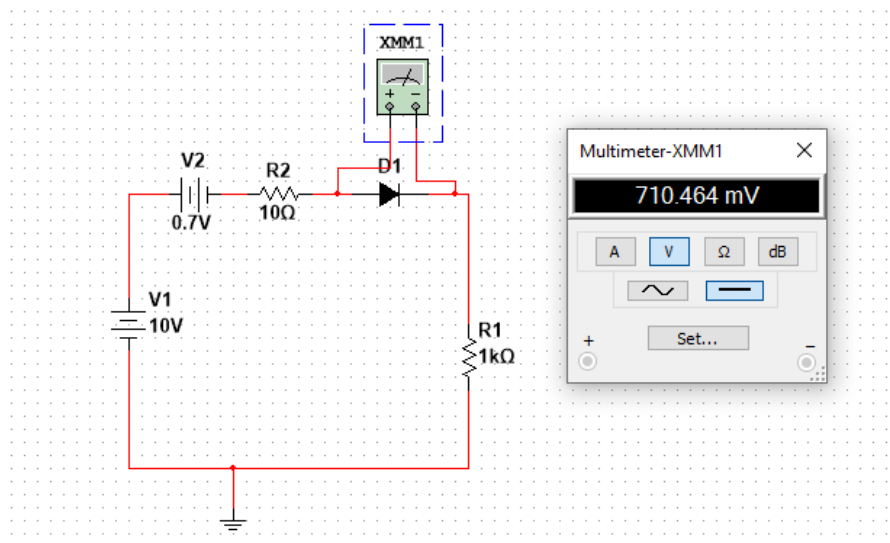


Figura 47 - Circuito 3.3.3 com VD medurado

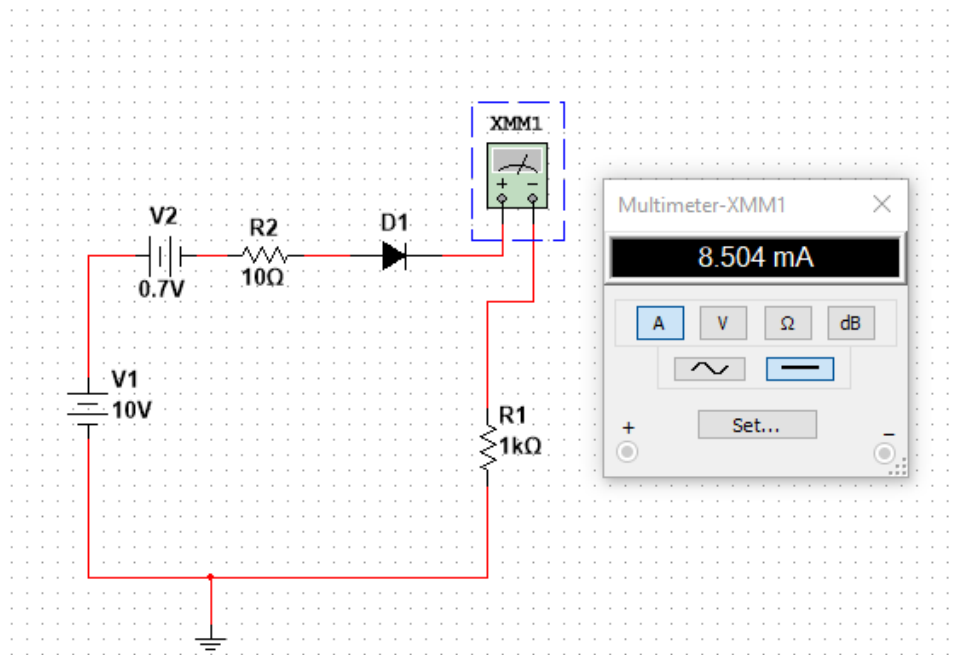


Figura 48 - Circuito 3.3.3 com I_D mensurado

CÁLCULOS

$$V_f = V_D + I_D * R_{av} + I_D * V_L$$

$$10 = 0,7 + I_D * (R_{aV} + V_L)$$

$$10 = 0,7 + I_D (10 + 1000)$$

$$1.010 I_D = 9,3/1.010$$

$$I_D = 9,2 \text{ mA}$$

$$R_{média} = 9,2 \text{ mA} * 10$$

$$R_{média} = 0,092 \Omega$$

$$V_D = 0,7 + 0,092$$

$$V_D = 0,792 \text{ V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	8,5 mA	9,2 mA
VD	0,71 V	0,792 V

3.3.4 – Diodo real – Análise pela reta de carga

```

import matplotlib.pyplot as mp
import math
import numpy

IS = 1*10**(-16)
Vt = 0.025
passo = 0.001
i = 0.0

#CÁLCULO DE ID
VD = numpy.arange(0, .8, passo)
ID = IS*(numpy.exp(VD/Vt)-1)

#CÁLCULO RETA DE CARGA
Vcc = 10
rs = 2000
id = (-VD + Vcc)/rs

mp.subplot(2,1,1)
mp.plot(VD, ID)
mp.subplot(2,1,1)
mp.plot(VD, id, 'r')
mp.title('Curva do Diodo e reta de carga')

mp.grid()
mp.show()

```

Figura 49 - Código em Python para a impressão da curva do diodo e reta da carga

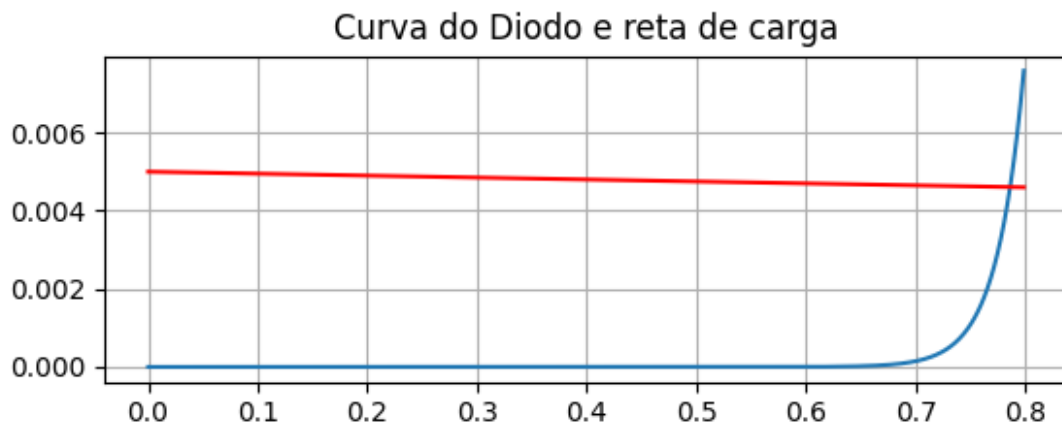


Figura 50 - Curva do diodo e reta da carga plotados

EXERCÍCIO 1 -

Considerando a curva $I_D \times V_D$ de um diodo, calcule:

- O ponto quiescente do diodo $V_S = 2,0V$ e $R_S = 50\Omega$
- A resistência dinâmica entre $I_D = 15mA$ e $I_D = 30mA$

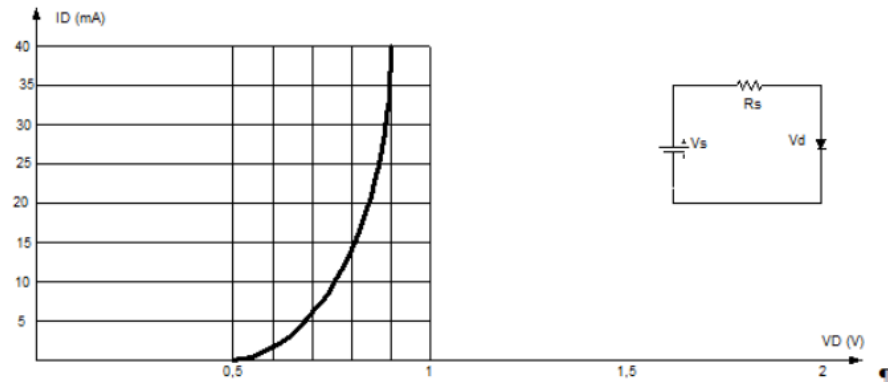


Figura 51 - Análise pela reta da carga circuito 1

CÁLCULOS

$$V_S = V_D + I_D * R_S$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} = 40 \text{ mA}$$

$$I_D = 0 \rightarrow V_D = V_S = 2V$$

Letra a)

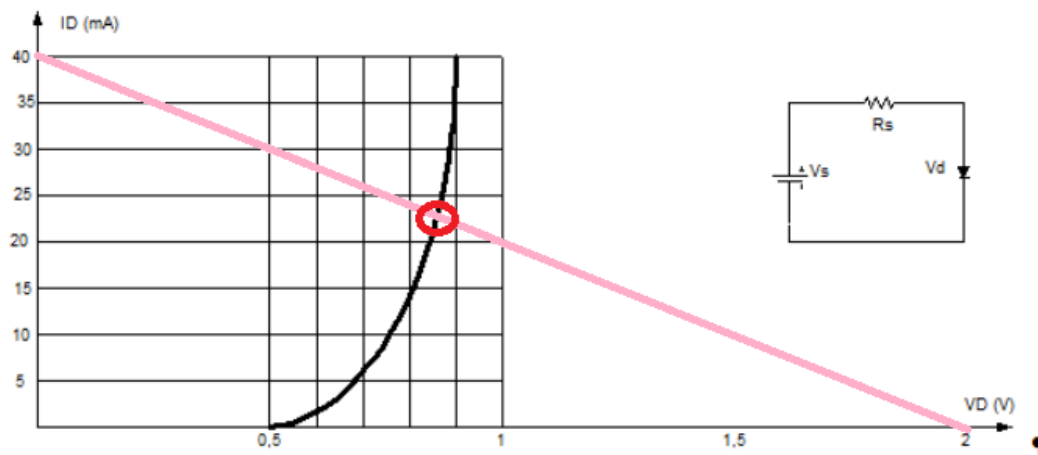


Figura 52 - Reta traçada

$$VD = 0,85 \text{ V}$$

$$Id = 24 \text{ mA}$$

Letra b)

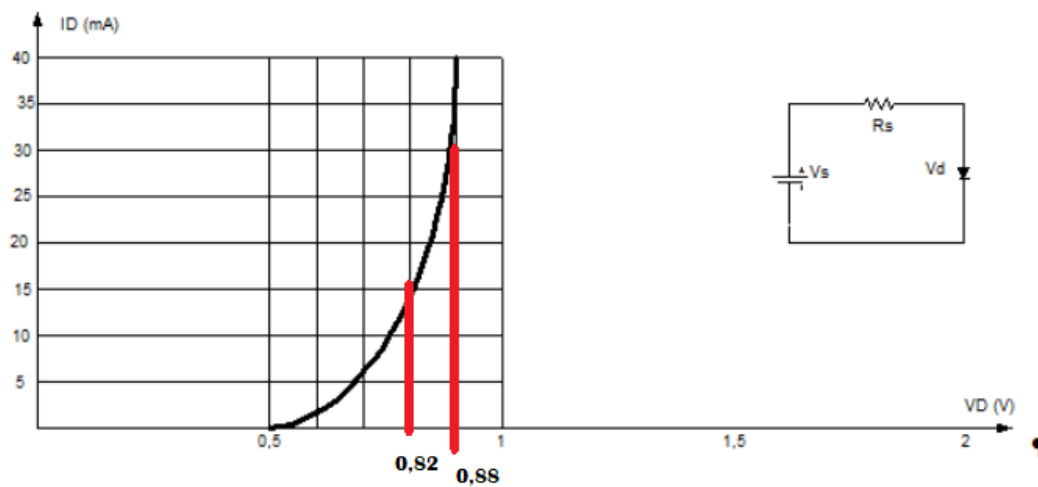


Figura 53 - Traçado de $ID = 15 \text{ mA}$ e $ID = 30 \text{ mA}$

$$V_{ac} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

$$V_{ac} = \frac{0,88 - 0,82}{15 \text{ mA}} = \frac{0,06}{15 \text{ mA}} = 4 \text{ V}$$

EXERCÍCIO 2 – Diodo ideal

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões V_R e V_{RL} .

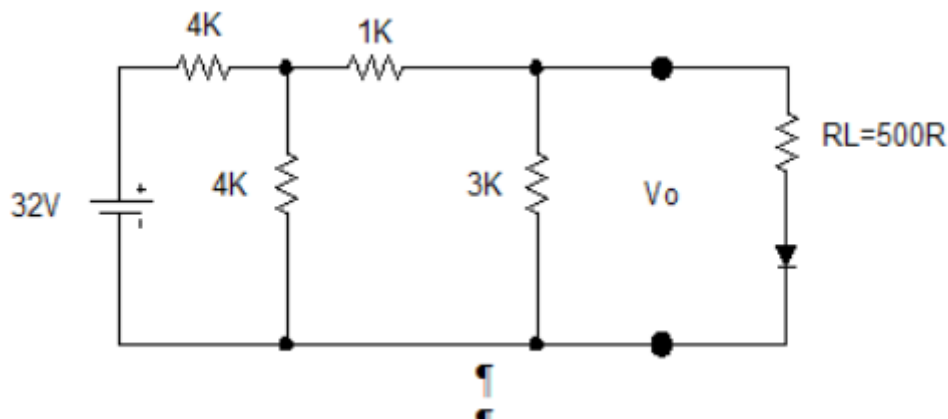


Figura 54 - Imagem exercício 2

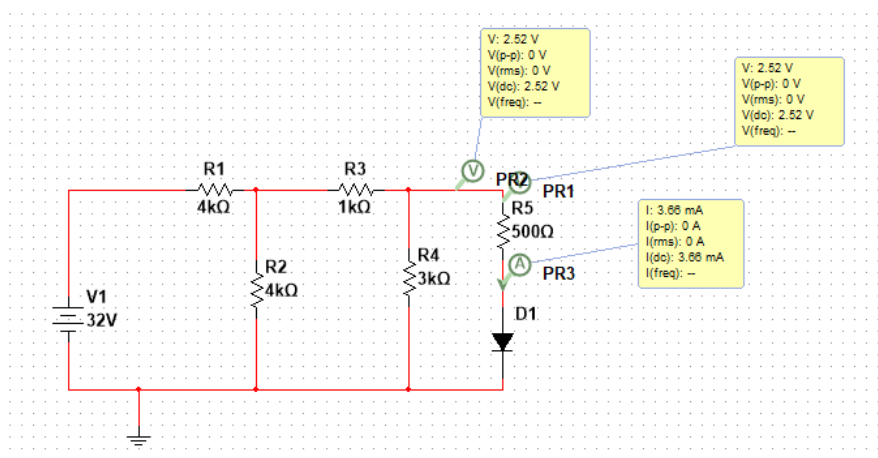


Figura 55 - Circuito simulado

CÁLCULOS

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I	0,0036 A	
V0	2,52 V	
VRL	2,52 V	

EXERCÍCIO 3 – Modelo simplificado do diodo

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões VR e VRL.

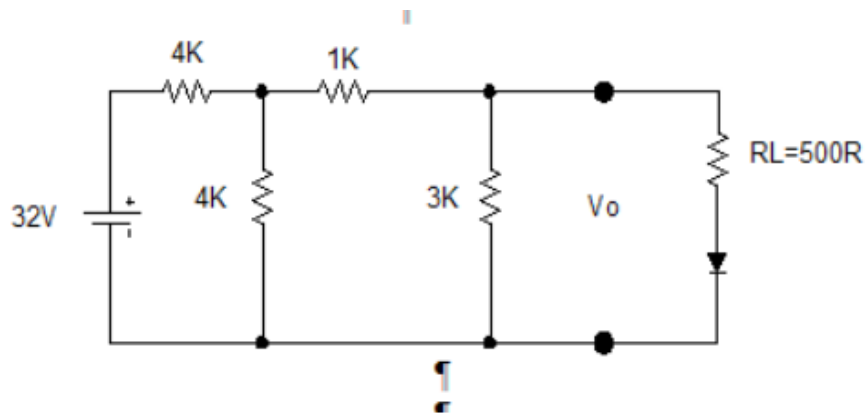


Figura 56 - Imagem exercício 3

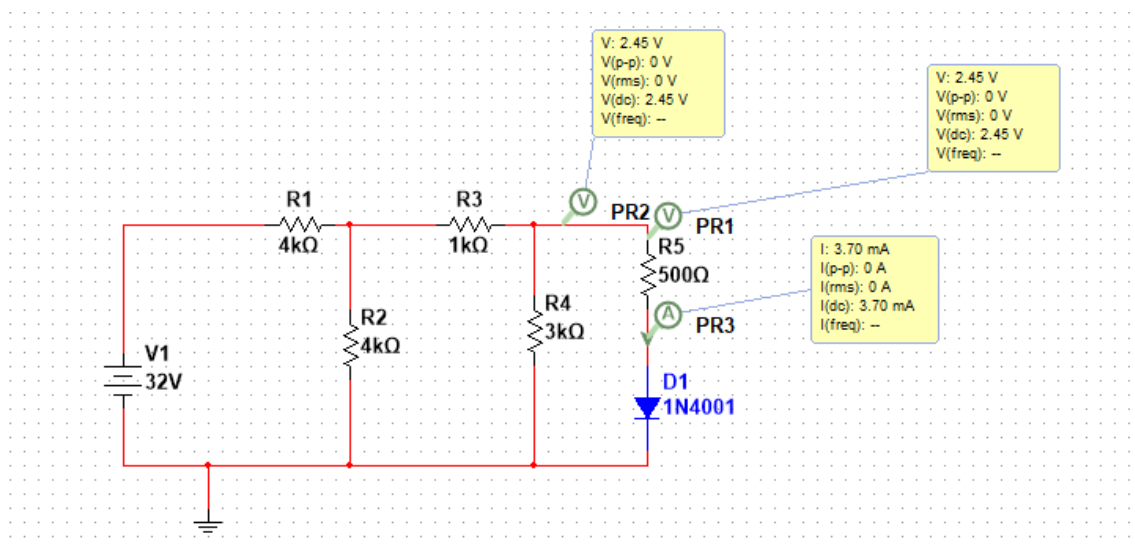


Figura 57 - Circuito 3 simulado

CÁLCULOS

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I	0,0036 A	0,064 A
V0	2,52 V	3,2 V
VRL	2,52 V	3,2 V

EXERCÍCIO 4 –

Considere o modelo linear e $R_{avg} = 10R$.

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões VR e VRL.

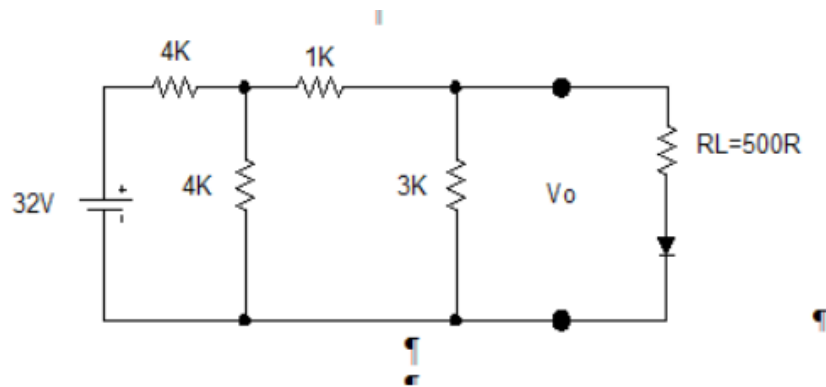


Figura 58 - Imagem exercício 4

EXERCÍCIO 5 –

Considere o circuito abaixo e a especificação para 3 diodos, pede-se:

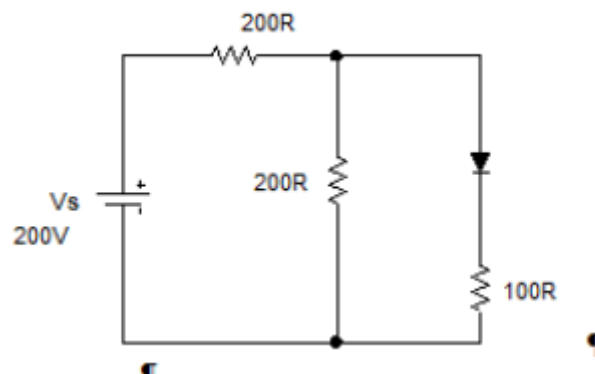


Figura 59 - Imagem exercício 5

Diodo	I_F (A)	V_{RM} (V)
A	0,2	100
B	0,5	80
C	1,0	50

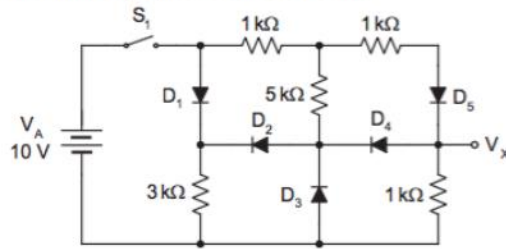
Figura 60 - Diodos especificados

- a) → Com a polaridade da fonte mostrada na figura, calcule a corrente pelo diodo e indique, se existir, qual diodo se danificará.
b) → Inverta a polaridade da fonte, calcule a tensão sobre o diodo e indique, se existir, qual diodo se danificará.

Figura 61 - Enunciado exercício 5

DESAFIO –

No circuito da figura, considere que os diodos apresentam uma queda de tensão $V_D = 0,7 \text{ V}$ quando estão conduzindo corrente e que não apresentam corrente de fuga quando estão em corte.



Assim, quando a chave S_1 for fechada, a tensão na saída V_x , em volts, será

- (A) 9,3
- (B) 6,9
- (C) 5,3
- (D) 3,1
- (E) 1,7

Figura 62 – Desafio

3.4 – CEIFADORES

Circuitos ceifadores são circuitos que tem a capacidade de cortar (ceifar) uma parte do sinal, esses podem ser em série ou em paralelo.

3.4.1– Ceifador em série com fonte

Ceifador série com fonte, exemplo:

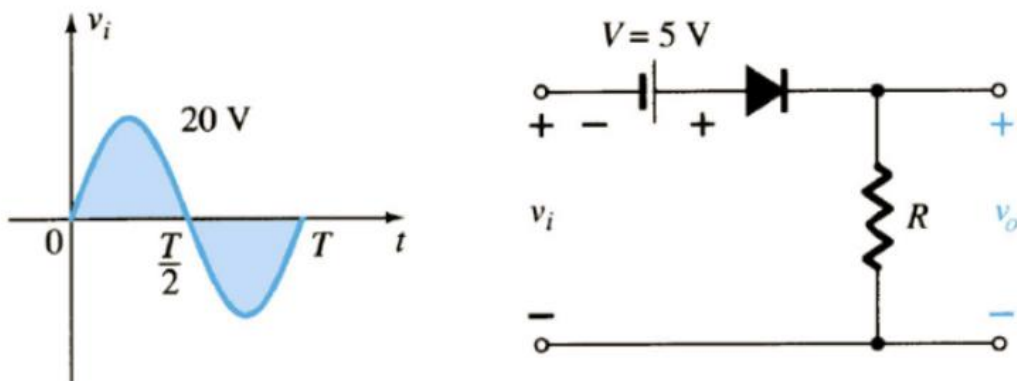


Figura 63 - Ceifador 1 em série

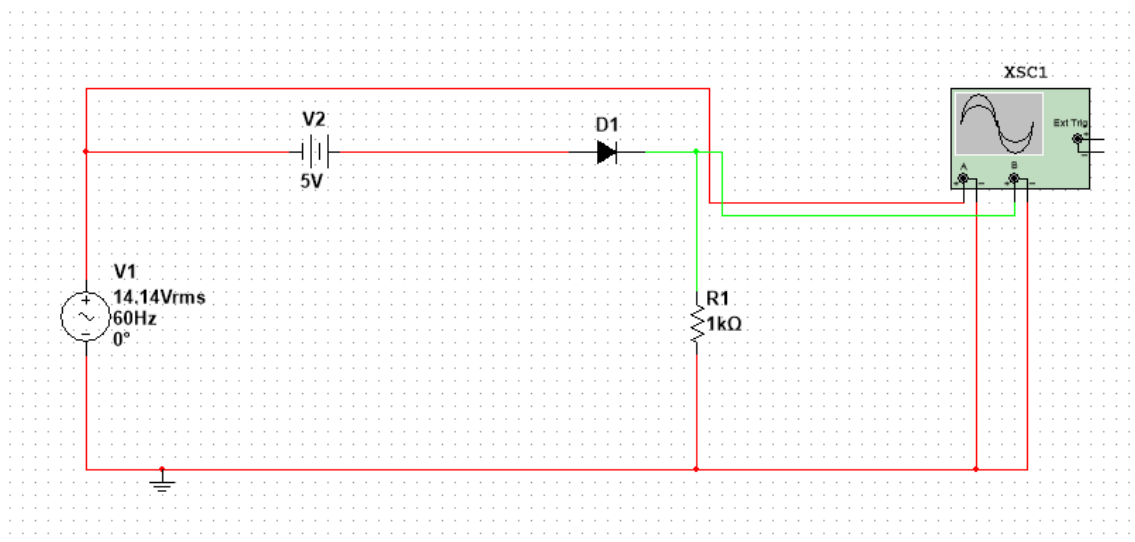


Figura 64 - Ceifador 1 simulado

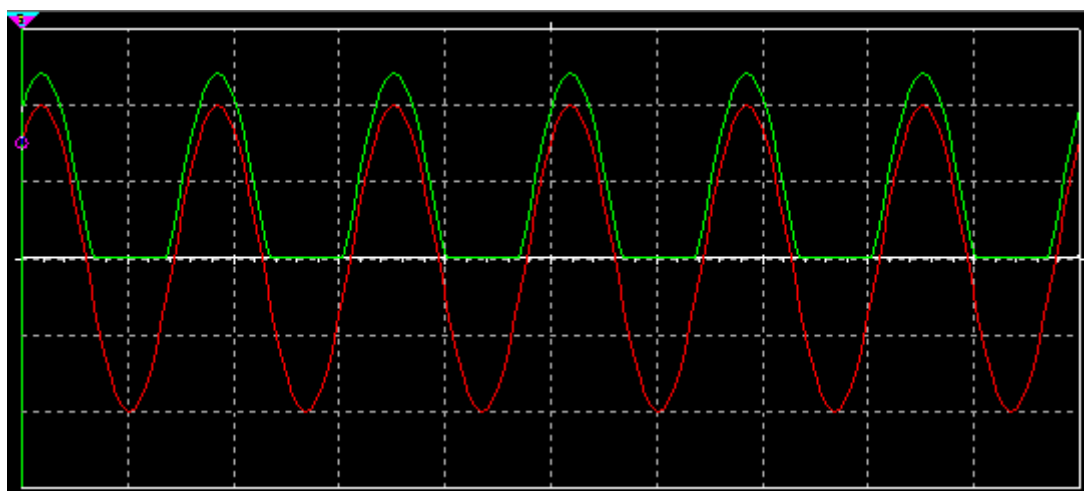


Figura 65 - Forma de onda ceifador 1

Fica visível que a onda em verde possui um pico maior que a onda em vermelho, porém ela não possui valores negativos, isso ocorre devido ao circuito ceifador cortar a onda parcialmente quando a fonte V1 atinge valores abaixo de 5V. A soma das fontes V1 e V2 faz com que o diodo seja inversamente polarizado e não permita a passagem de corrente para V0.

3.4.2 – Ceifador em série com fonte

Ceifador série com fonte:

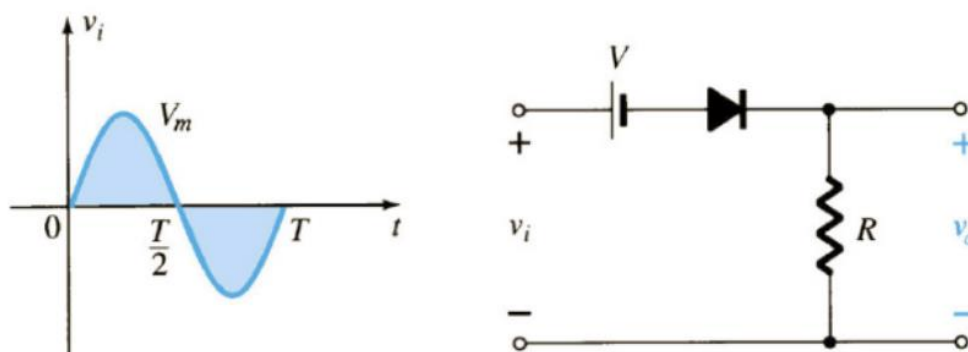


Figura 66 - Ceifador proposto 2

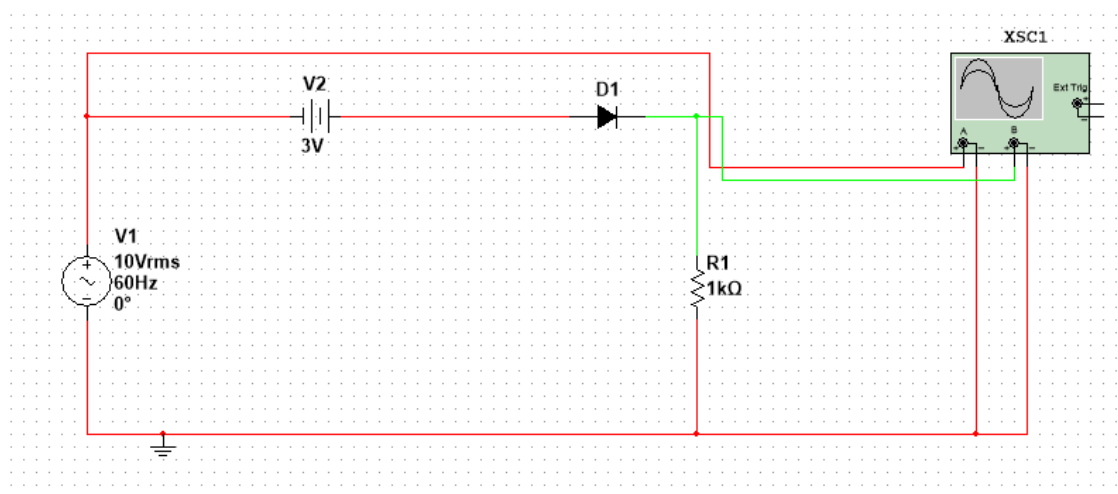


Figura 67 - Ceifador em série com fonte 2 simulado

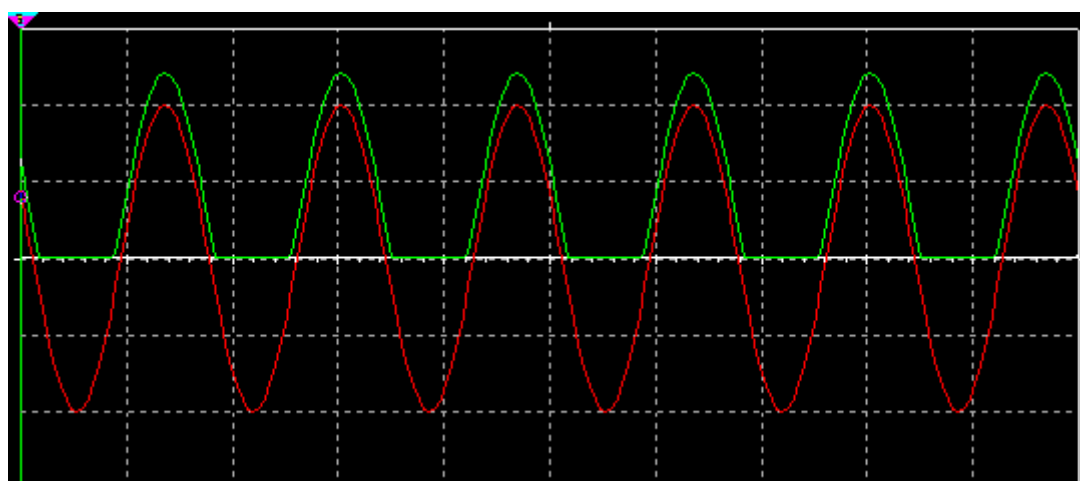


Figura 68 - Circuito ceifador em série simulado

A diferença a ser realçada entre o ceifador 1 e o ceifador 2 é apenas dada pelos valores de fonte de tensão presentes no circuito.

3.4.3 – Ceifador paralelo com fonte

Ceifador paralelo com fonte, exemplo:

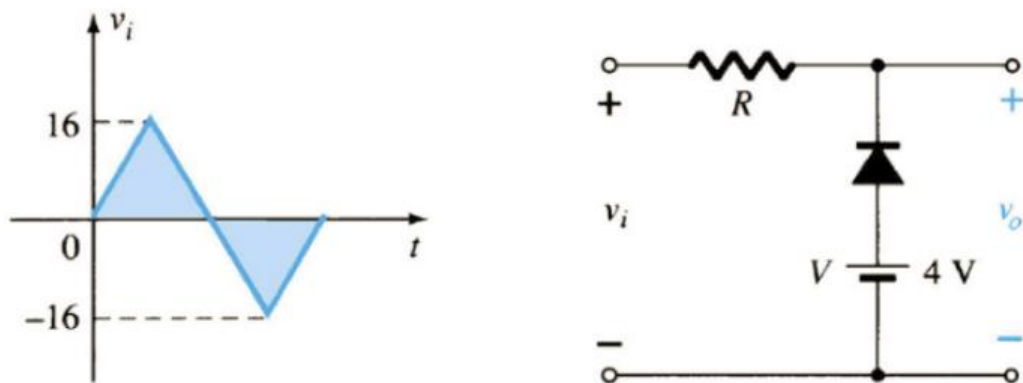


Figura 69 - Ceifador paralelo com fonte proposto

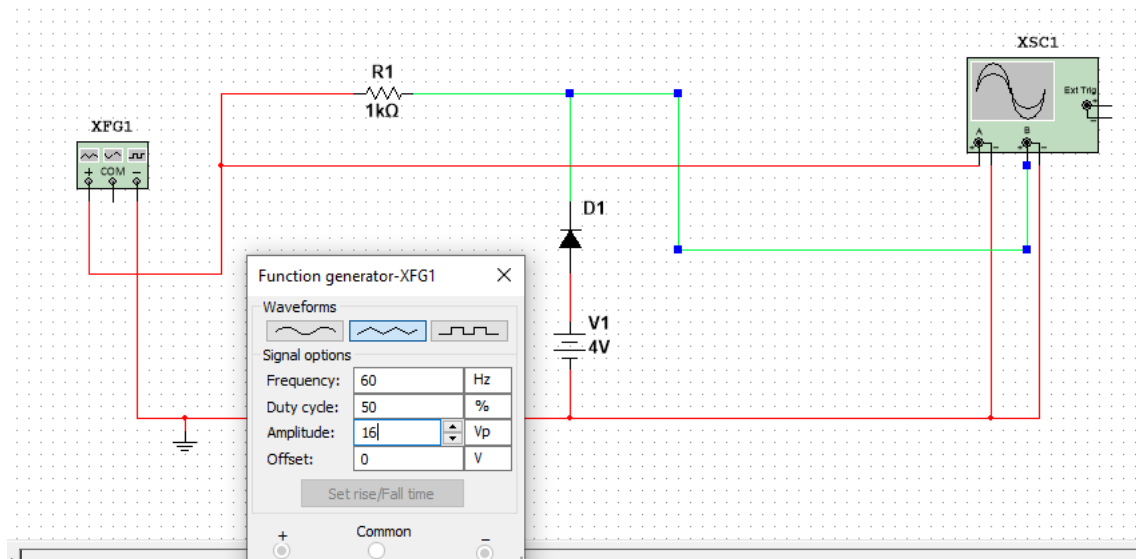


Figura 70 - Ceifador paralelo simulado

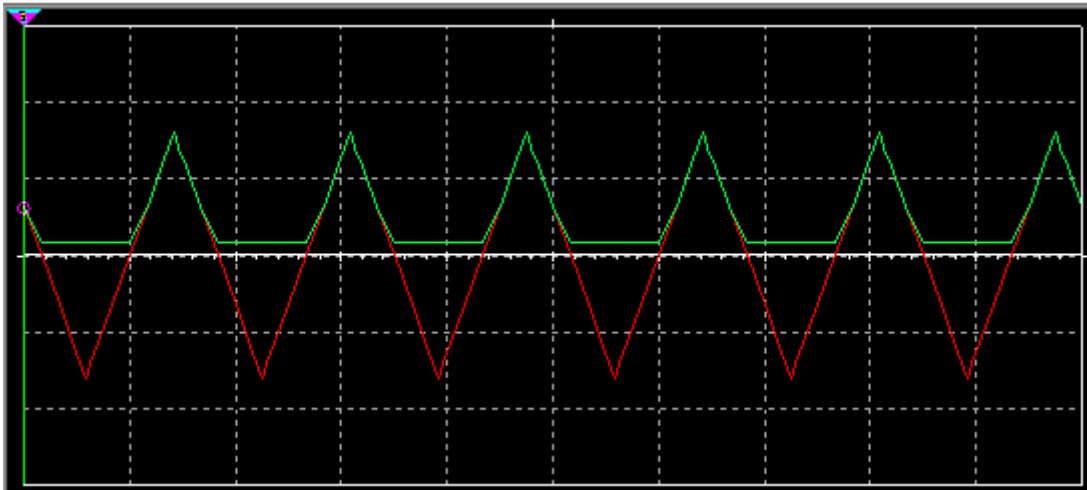


Figura 71 - Circuito ceifador paralelo simulado

Com a forma de onda acima podemos observar que quando a tensão gerada pelo gerador de funções é inferior a 4V, V_0 torna-se constantemente 4V, tornando o diodo polarizado diretamente e permitindo a passagem de corrente pelo mesmo.

3.4.4 – Ceifadores

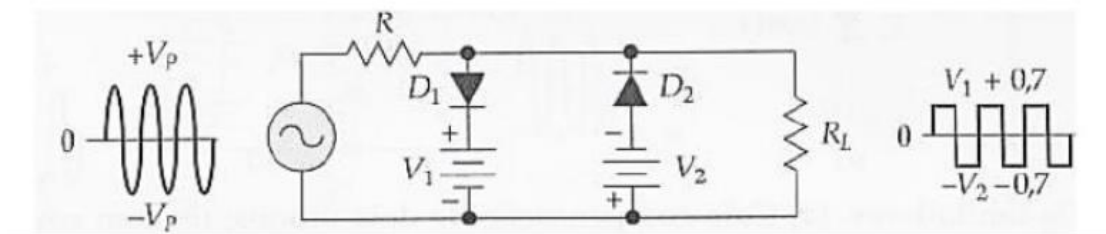


Figura 72 - Ceifadores propostos

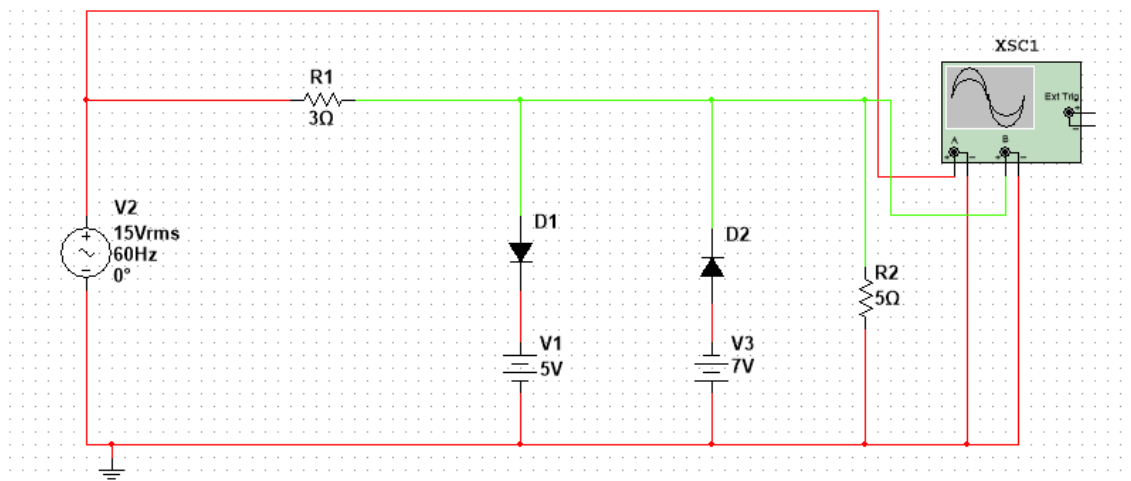


Figura 73 - Ceifador 3.4.4 simulado

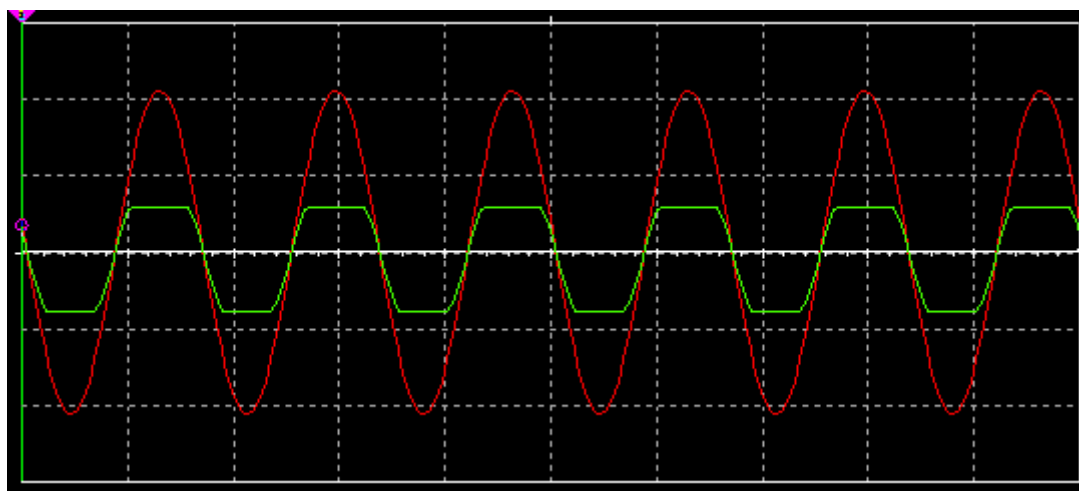


Figura 74 - Ceifador 3.4.4 forma de onda

No circuito ceifador 3.4.4 podemos observar a presença de dois ceifadores opostos um ao outro, desta maneira, quando a fonte de tensão possui um valor de saída positivo sua saída é definida pelo valor de v_1 , polarizando diretamente a passagem pelo diodo D1. Já quando V2 possui valor negativo, o diodo D1 será polarizado inversamente, fazendo com que a passagem da corrente seja bloqueada e polarizando diretamente D2, permitindo neste ponto a passagem de corrente.

3.4.5 – Ceifadores grampeadores

Circuitos grampeadores:

- Tem a capacidade de grampear um sinal em um valor cc diferente.

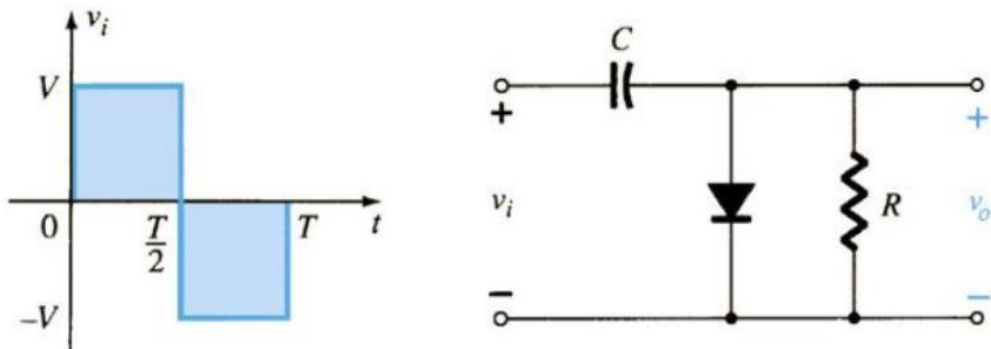


Figura 75 - Circuito grampeador proposto

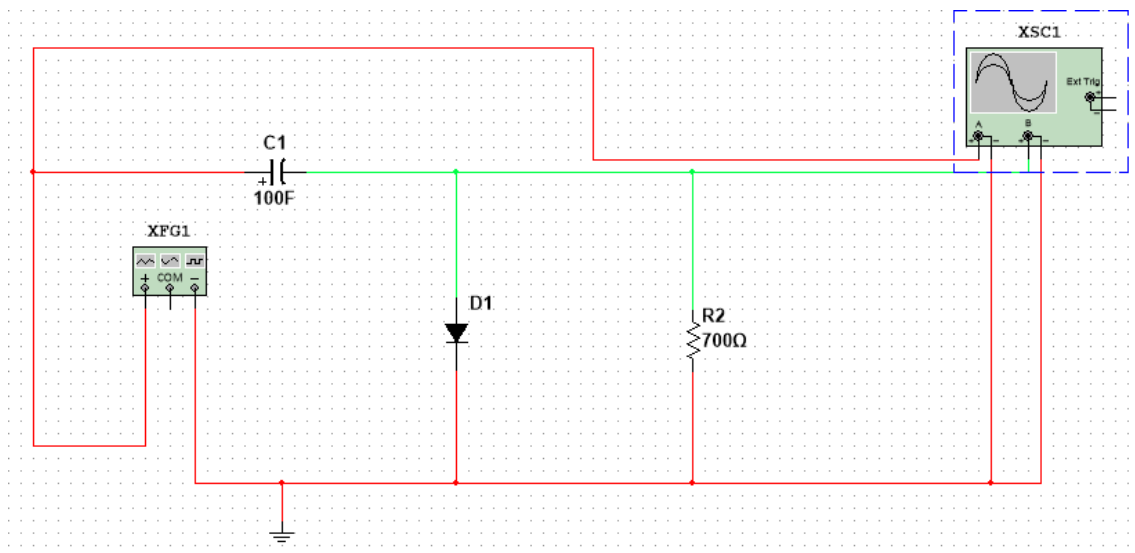


Figura 76 - Circuito grampeador simulado

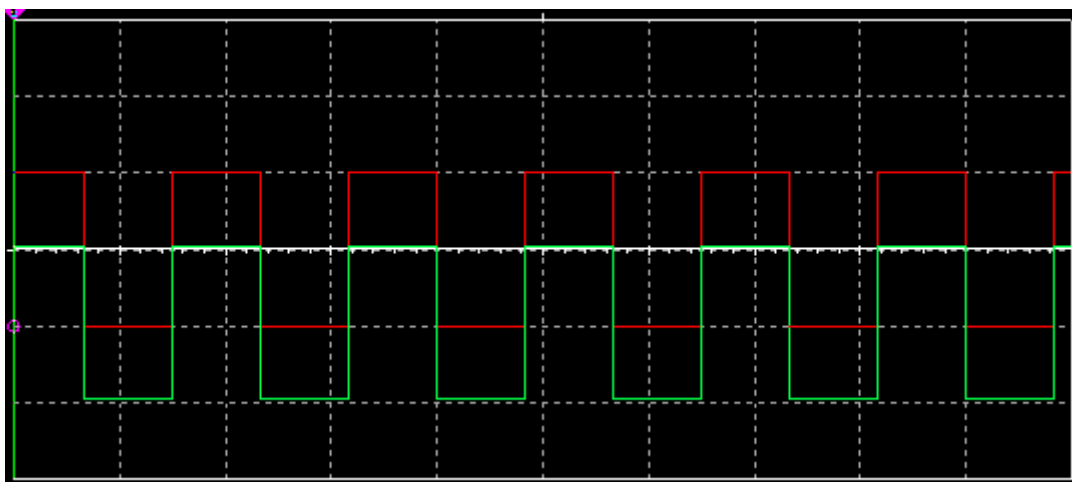


Figura 77 - Circuito grampeador forma de onda

No presente circuito, quando o valor da fonte é negativo o valor da tensão na saída do circuito é equivalente ao dobro da tensão de entrada em função do capacitor presente no circuito.

3.4.6 – Grampeadores

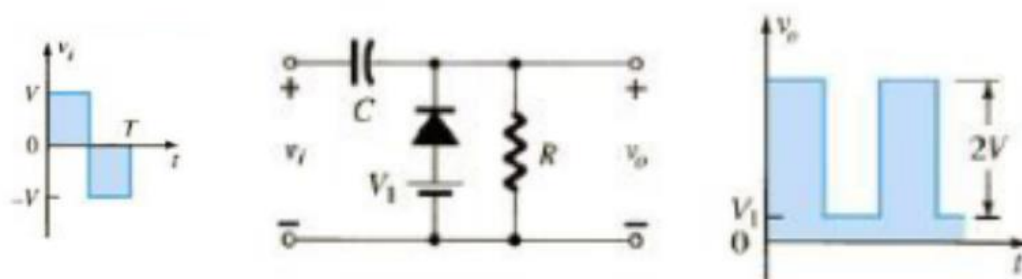


Figura 78 - Circuito 3.4.6 proposto

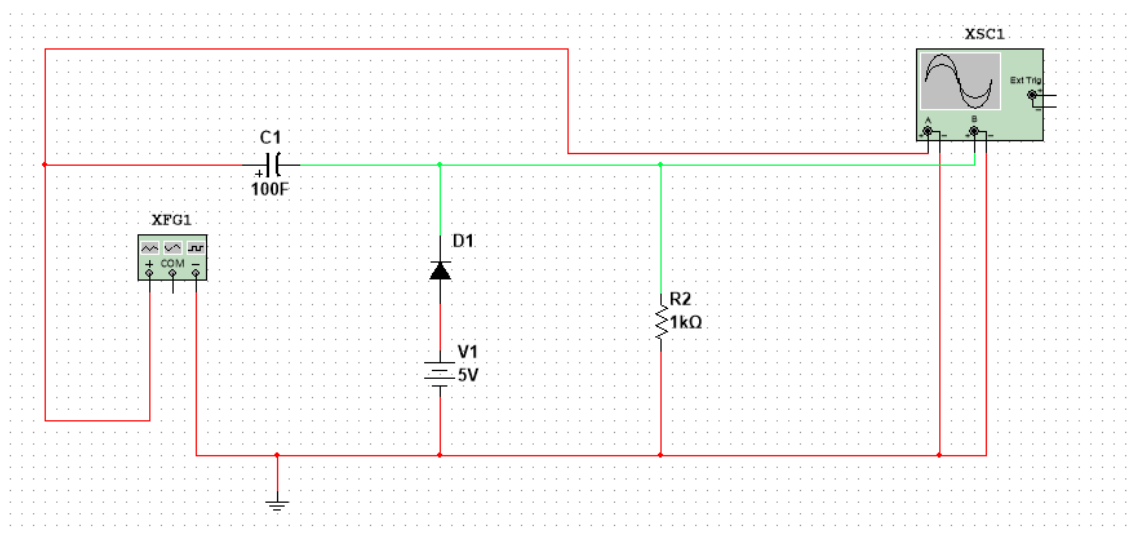


Figura 79 - Circuito 3.4.6 simulado

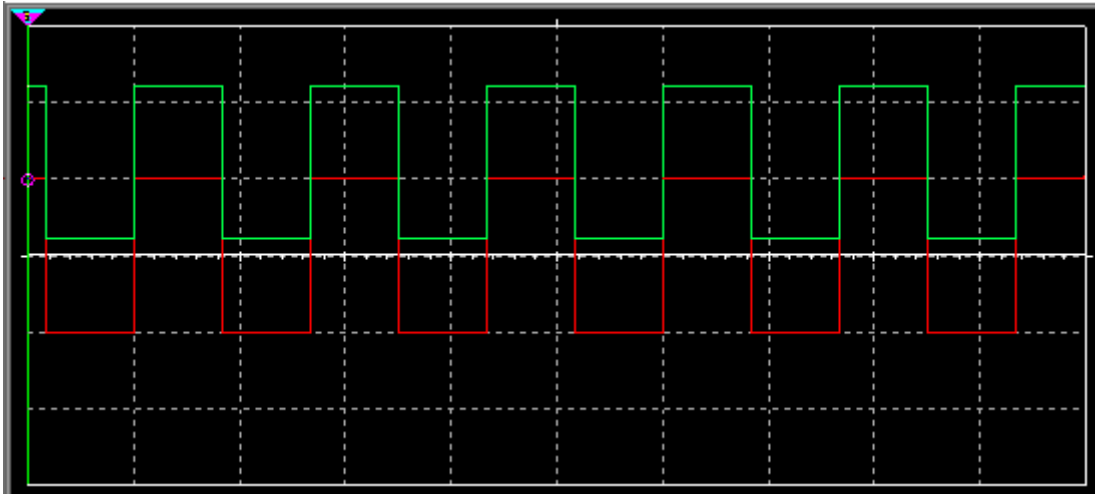


Figura 80 - Circuito 3.4.6 forma de onda

Este último circuito grameador possui uma fonte DC adicionada no valor de 5V, diferindo do anterior, além de um resistor de maior valor. Como o diodo é diretamente polarizado, a saída se dará pela tensão do gerador de funções juntamente com a tensão gerada pela fonte DC.

3.5 – RETIFICADORES

3.5.1 – RETIFICADOR – MEIA-ONDA

Calcule a tensão eficaz na entrada, de pico e média na saída do circuito abaixo:

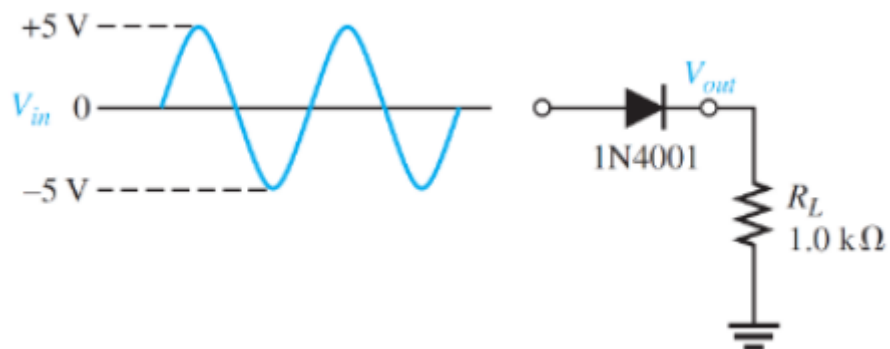


Figura 81 - Circuito 3.5.1 proposto

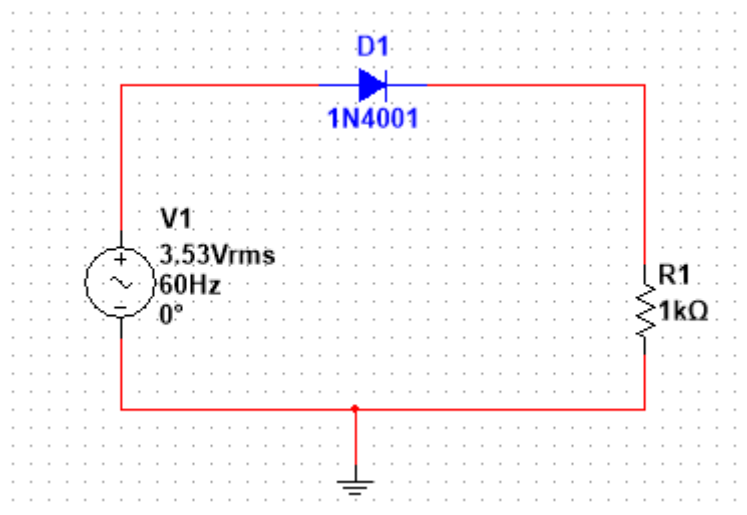


Figura 82 - Circuito 3.5.1 simulado

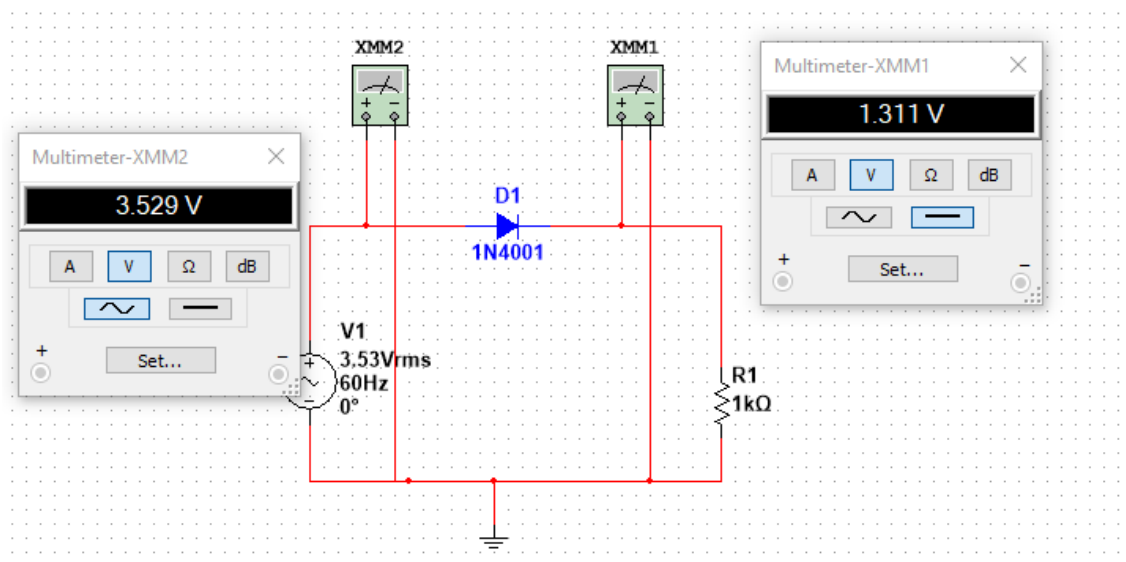


Figura 83 - Circuito 3.5.1 com tensões mensuradas

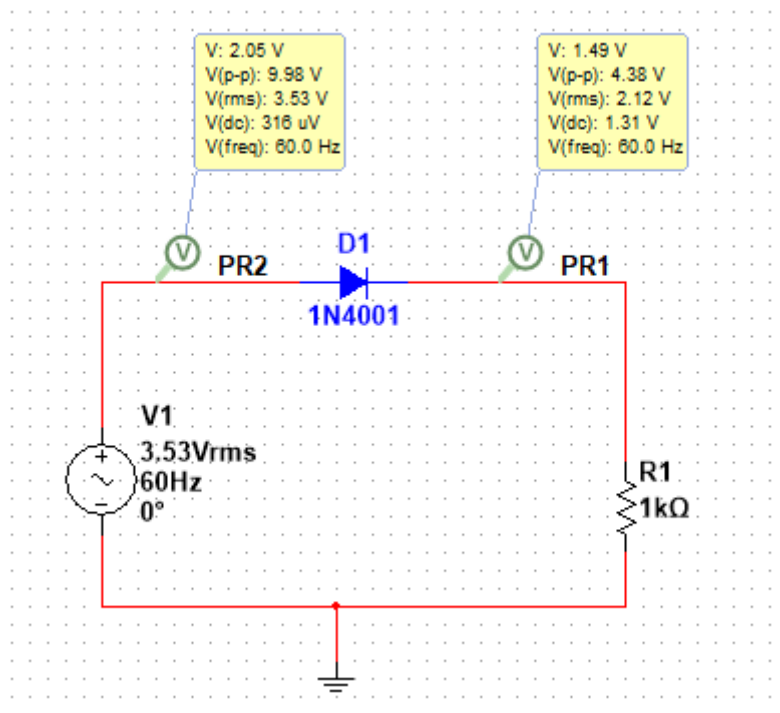


Figura 84 - Circuito 3.5.1 medido

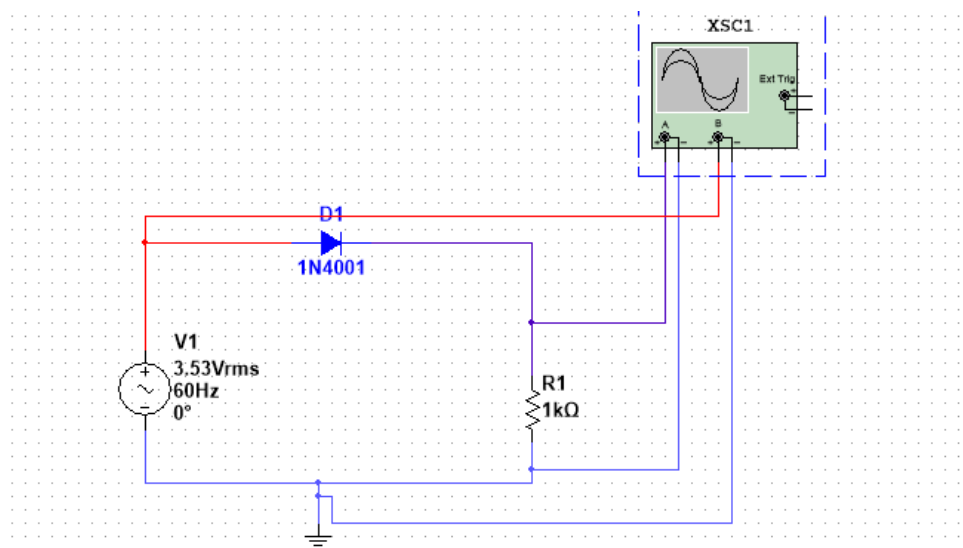


Figura 85 - Circuito 3.5.1 osciloscópio

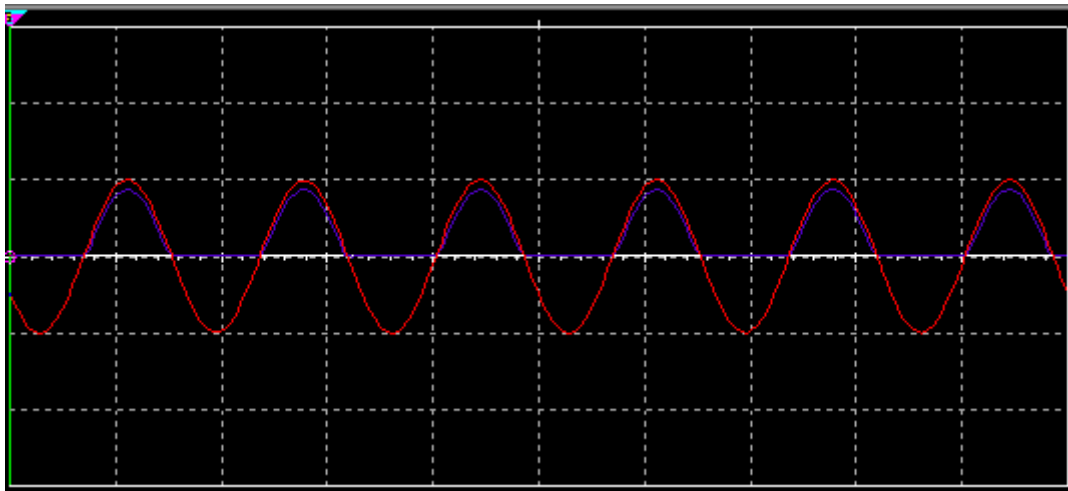


Figura 86 - Circuito 3.5.1 forma de onda

CÁLCULOS

$$VRMS = VPK * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 5 * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 3,53 V$$

$$VPK (saída) = 5 - 0,7$$

$$VPK (saída) = 4,3 V$$

$$VDC (saída) = \frac{VPK}{\pi}$$

$$VDC (saída) = \frac{4,3}{\pi}$$

$$VDC (saída) = 1,36 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VRMS	3,53 V	3,53 V
VPK (saída)	4,38 V	4,3 V
VDC (saída)	1,31 V	1,36 V

3.5.2 – RETIFICADOR MEIA-ONDA

Calcule a tensão eficaz na entrada, de pico e média na saída do circuito abaixo:

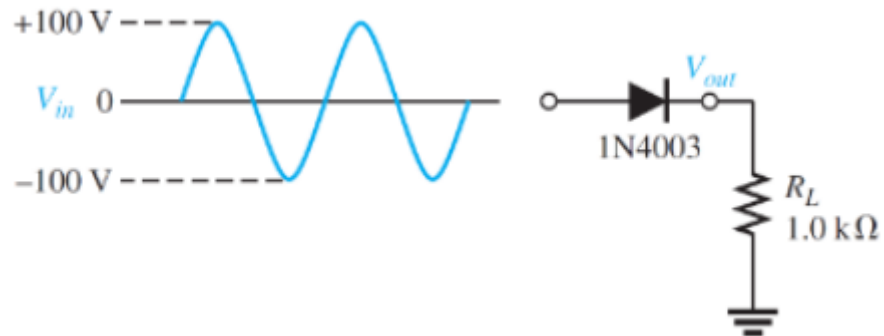


Figura 87 - Circuito 3.5.2 proposto

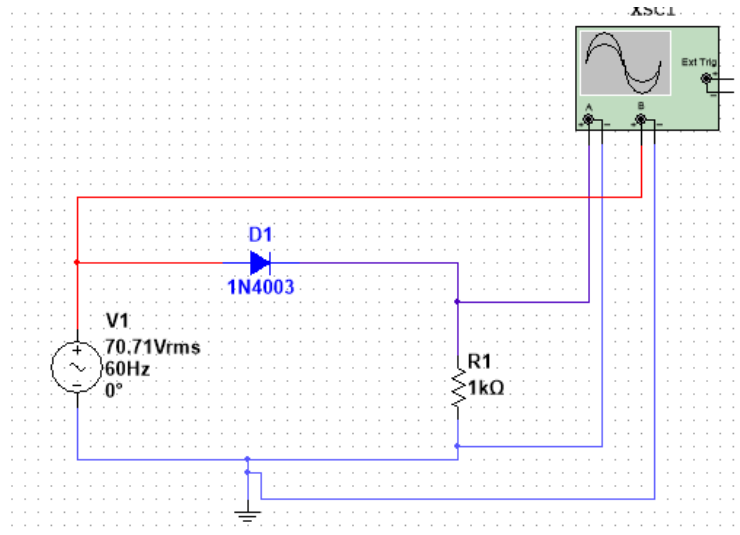


Figura 88 - Circuito 3.5.2 simulado

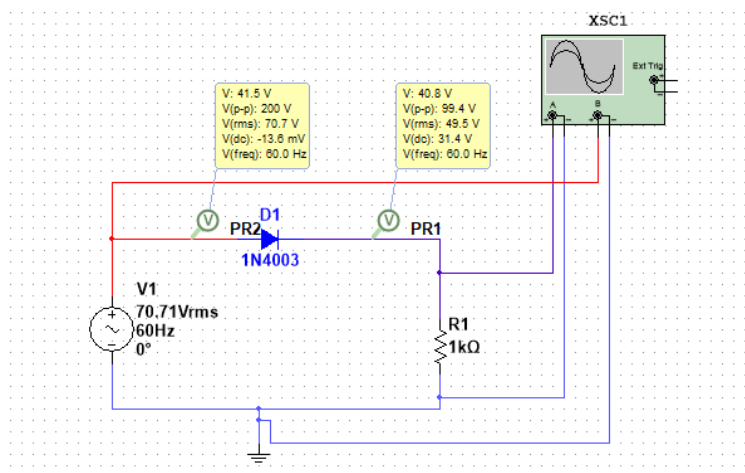


Figura 89 - Circuito 3.5.2 medido

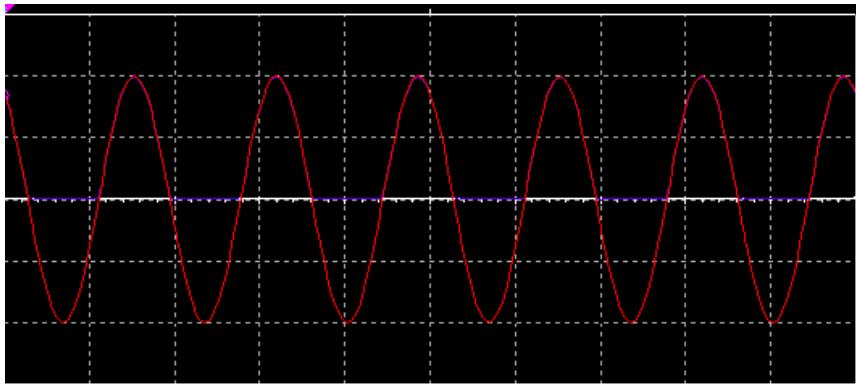


Figura 90 - Forma de onda circuito 3.5.2

CÁLCULOS

$$VRMS = VPK * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 100 * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 70.71 V$$

$$VPK (saída) = 100 - 0,7$$

$$VPK (saída) = 99,3 V$$

$$VDC (saída) = \frac{VPK}{\pi}$$

$$VDC (saída) = \frac{99,3}{\pi}$$

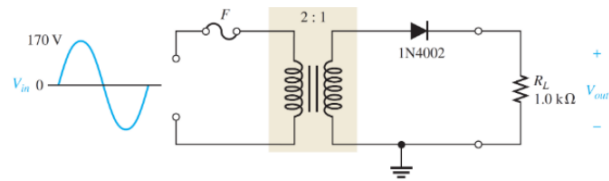
$$VDC (saída) = 31,60 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VRMS	70,7 V	70,71 V
VPK (saída)	99,4 V	99,3 V
VDC (saída)	31,4 V	31,6 V

3.5.3 – RETIFICADOR MEIA ONDA

Determine a tensão de pico da saída.



- $n = \frac{1}{2} = 0.5$
- $V_{p(sec)} = nV_{p(pri)} = 0.5 \times 170 = 85 \text{ V}$
- $V_{p(out)} = V_{p(sec)} - 0.7 = 84.3 \text{ V}$
- $PIV = V_{p(sec)} = 85 \text{ V}$

Figura 91 - Circuito 3.5.3 proposto

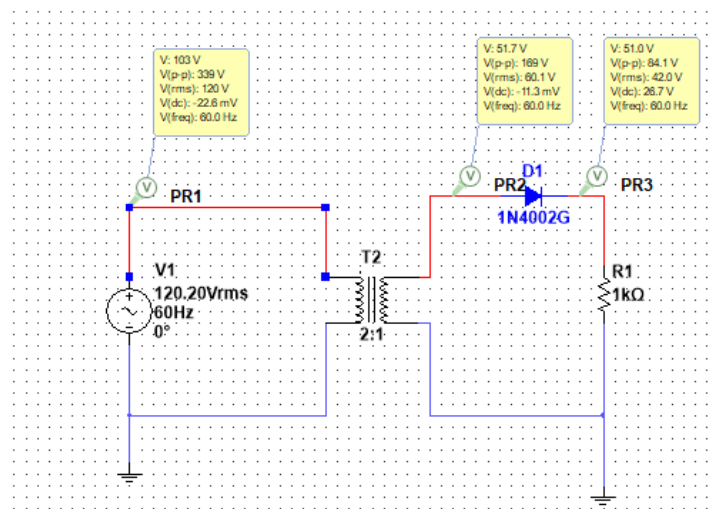


Figura 92 - Circuito 3.5.3 simulado

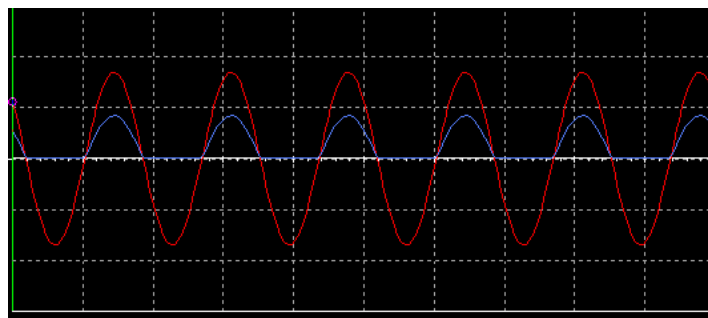


Figura 93 - Circuito 3.5.3 forma de onda

CÁLCULOS

$$VRMS = VPK * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 170 * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$VRMS = 120,20 \text{ V}$$

$$VPK(sec) = 170 * \frac{1}{2}$$

$$VPK(sec) = 85 V$$

$$VPK(saída) = 85 - 0,7$$

$$VPK(saída) = 84,3 V$$

$$VDC(saída) = \frac{VPK}{\pi}$$

$$VDC(saída) = \frac{84,3}{\pi}$$

$$VDC(saída) = 26.83 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VRMS	120,20 V	120,20 V
VPK(sec)	169 V	85 V
VPK (saída)	84,1 V	84,3 V
VDC (saída)	26,7 V	26.83 V

3.5.4- MEIA ONDA

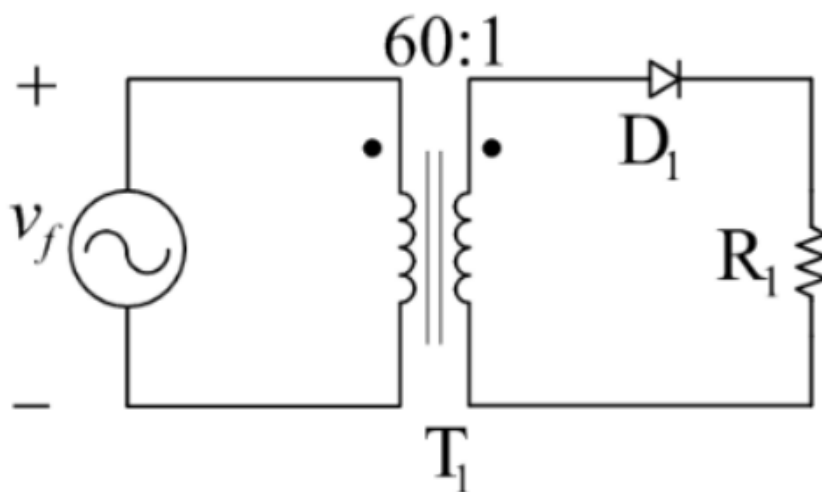


Figura 94 - Circuito 3.5.4 proposto

Considerando os dados ao lado, determine:

- Tensão eficaz no primário de T_1 ;
- Tensão eficaz no secundário de T_1 ;
- Tensão média na saída;
- Tensão de pico na saída;
- Tensão reversa sobre o diodo;
- Corrente média na saída.

Figura 95 - Enunciado

DADOS

$$V_f = 311 * \sin(377 * t)V$$

$$t = 1$$

$$V_f = 311 * \sqrt{2}$$

$$V_f = 220 V$$

$$D1 = Ideal$$

$$R1 = 5\Omega$$

$$T1: 60:1$$

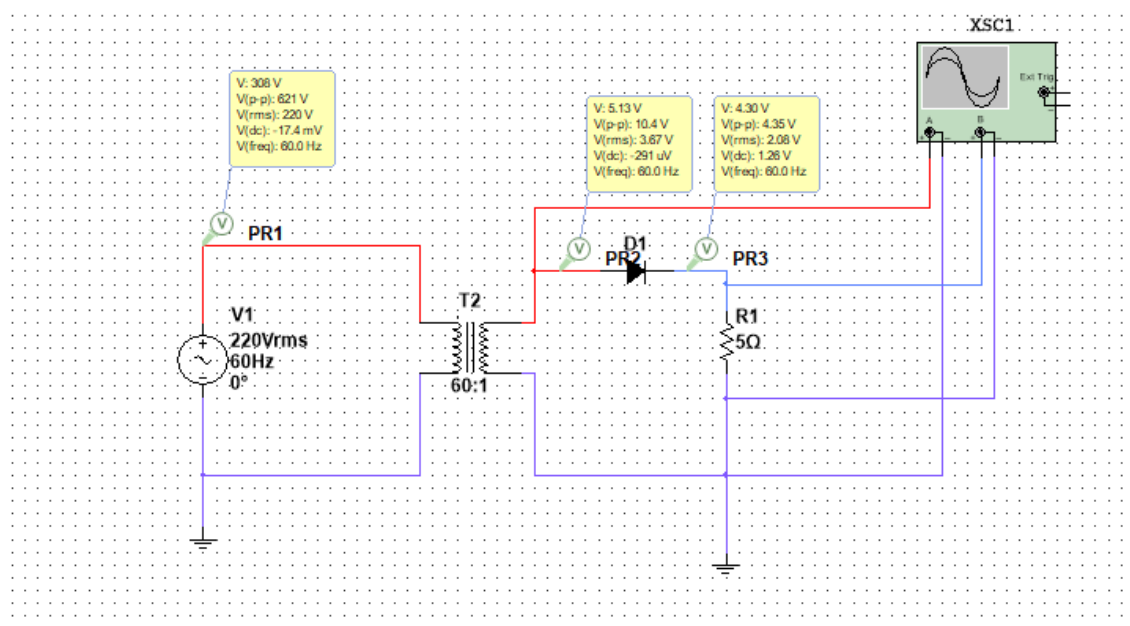


Figura 96 - Circuito 3.5.4 simulado

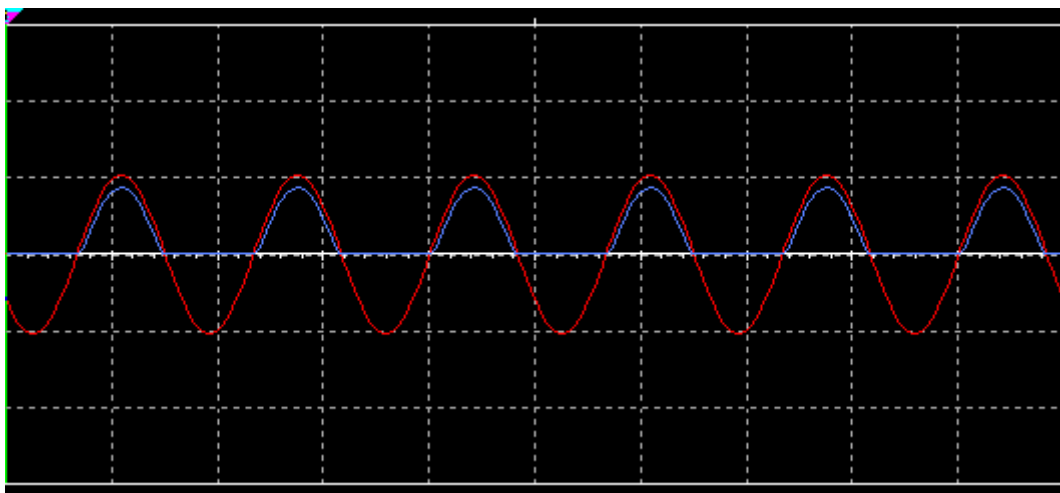


Figura 97 - Forma de onda circuito 3.5.4

CÁLCULOS

$$VPK(sec) = 311 * \frac{1}{60}$$

$$VPK(sec) = 5,18 V$$

$$VPK(saída) = 5,18 - 0,7$$

$$VPK(saída) = 4,48 V$$

$$VDC(saída) = \frac{4,48}{\pi}$$

$$VDC(saída) = 1,43 V$$

$$Tensão reversa no diodo = 3,7 V$$

$$VRMS no secundário = \frac{220}{60} = 3,7 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VRMS no primário	220 V	220 V
VPK(sec)	10,4 V	5,18 V
VPK (saída)	4,35 V	4,48 V
VDC (saída)	1,26 V	1,43 V
VRMS no secundário	3,67 V	3,7 V
VD	3,67 V	3,7 V

3.5.5- ONDA COMPLETA – CENTER TAP

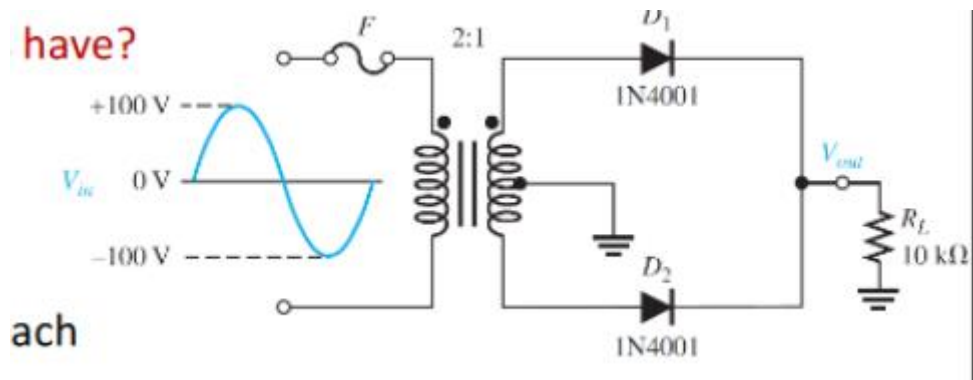


Figura 98 - Circuito 3.5.6 proposto

DADOS

$$V_{RMS} = 100 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$V_{RMS} = 70,71 \text{ V}$$

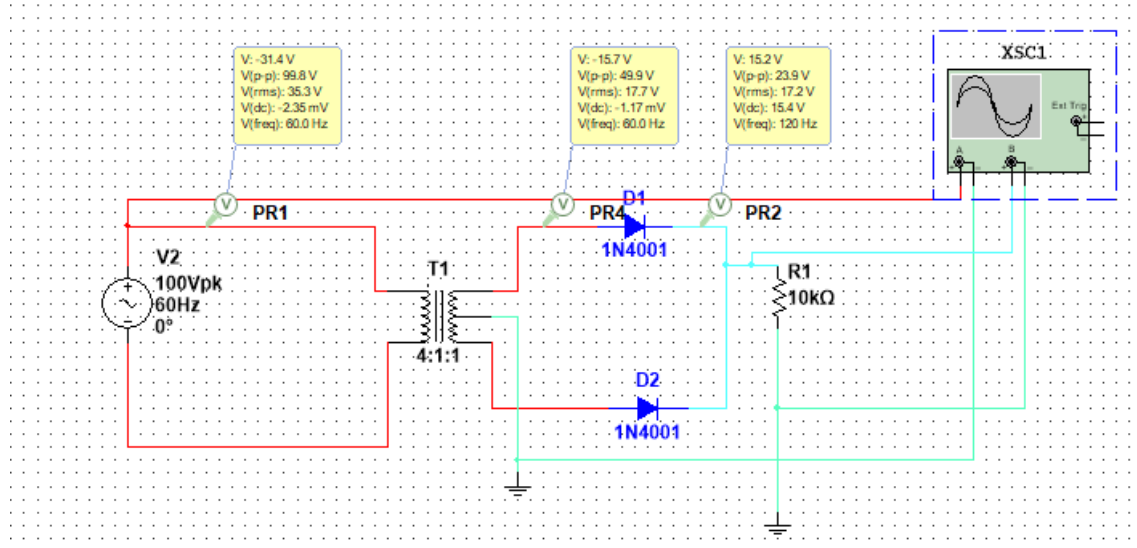


Figura 99 - Circuito 3.5.6 simulado

A escolha do transformador com TAP central de 4:1:1 se deu para que a tensão passada fosse em proporção 4:1, fazendo com que cada transformação recebesse 25 V, como o proposto no enunciado.

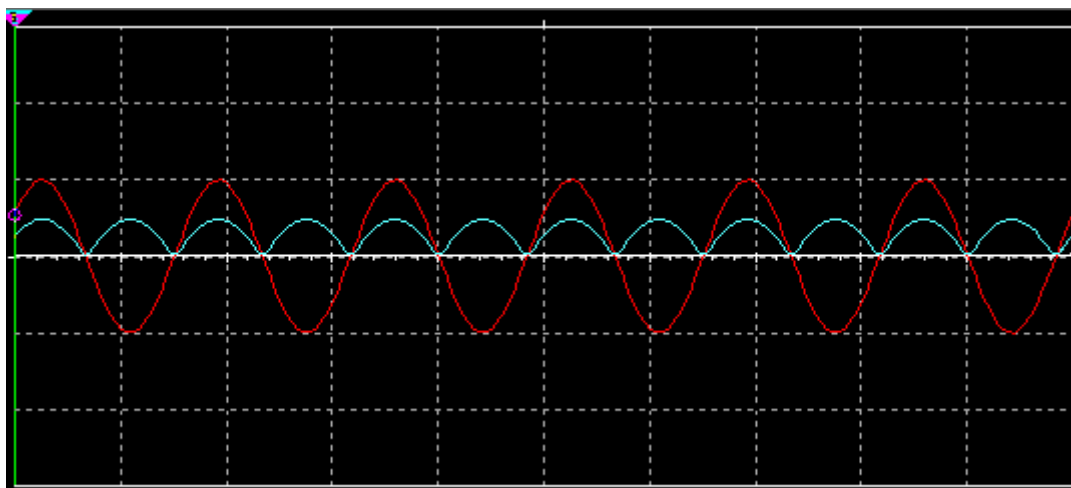


Figura 100 - Forma de onda do circuito 3.5.6

CÁLCULOS

$$PIV = Vp(sec) - 0,7$$

$$Vpk(sec - entrada) = 100 * \frac{1}{2}$$

$$Vpk(sec - entrada) = 50 V$$

$$PIV = 50 - 0,7$$

$$PIV = 49,3 V$$

$$Vpk(sec - saída) = \frac{50}{2} - 0,7$$

$$Vpk(sec - saída) = 24,3 V$$

$$VDC(saída) = \frac{2 * 24,3}{\pi}$$

$$VDC(saída) = 15,47 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VPK(sec) – Entrada	49,9 V	50 V
VPK (sec) - Saída	23,3 V	24,3 V
VDC (saída)	15,4 V	15,47 V
PIV	49,8 V	49,3 V

3.5.6 – ONDA COMPLETA – CENTER TAP

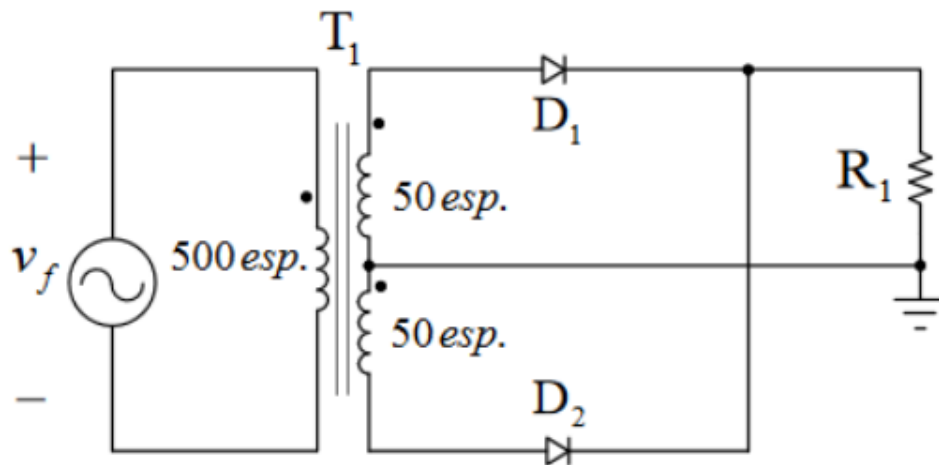


Figura 101 - Circuito 3.5.6 proposto

Considerando os dados ao lado, determine:

- Tensão eficaz no primário de T_1 ;
- Tensão eficaz no secundário de T_1 ;
- Tensão média na saída;
- Tensão de pico na saída;
- Tensão reversa sobre os diodos;
- Corrente média na saída.

$$v_f(t) = 311 \cdot \sin(377 \cdot t) V;$$

$$R_1 = 5 \Omega;$$

$$D_{1,2} = \text{ideais};$$

$$T_1 = \begin{cases} 10:1 \\ 10:1 \end{cases}$$

Figura 102 - Dados e questionamentos circuito 3.5.6

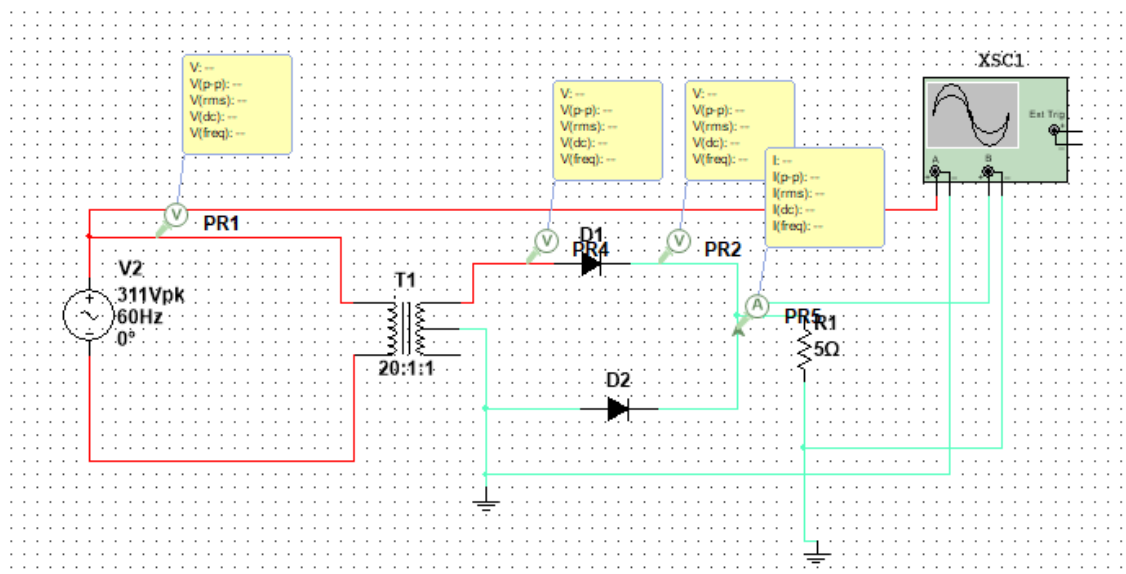


Figura 103 - Circuito 3.5.6 simulado

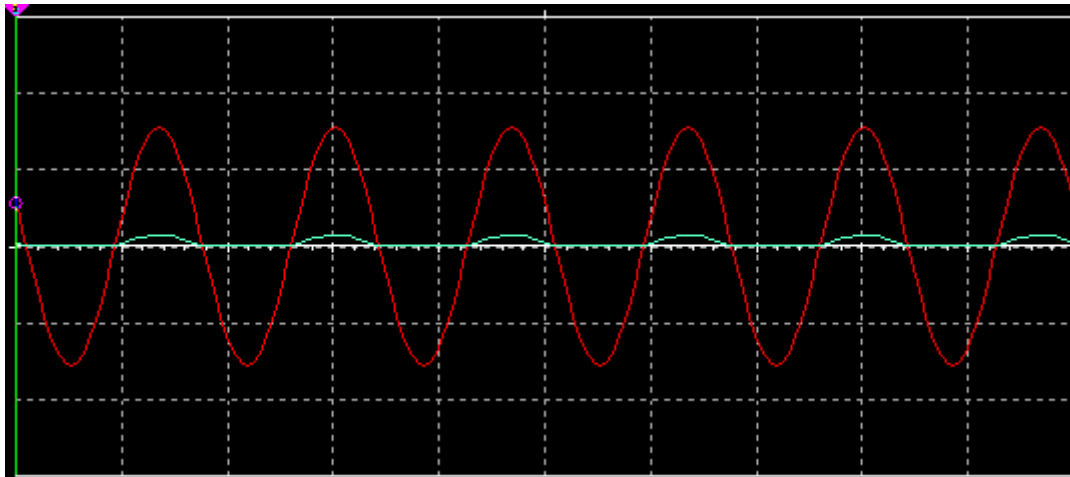


Figura 104 - Forma de onda circuito 3.5.6

CÁLCULOS

$$VRMS = 220 \text{ V}$$

$$VPK(sec) = 311 * \frac{1}{10}$$

$$VPK(sec) = 31,1 \text{ V}$$

$$VPK(saída) = \frac{31,1}{2} - 0,7$$

$$VPK(saída) = 14,85 \text{ V}$$

$$VDC(saída) = \frac{2 * 14,85}{\pi}$$

$$VDC(saída) = 9,45 \text{ V}$$

$$PIV = 31,1 - 0,7$$

$$PIV = 30,4 \text{ V}$$

$$VRMS \text{ no secundário} = \frac{220}{20} = 11 \text{ V}$$

$$I_{avg} = \frac{9,45}{5}$$

$$I_{avg} = 1,89 \text{ A}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VPK(sec)	31,1 V	31,1 V
VPK (saída)	14,85 V	14,7 V
VDC (saída)	4,54 V	9,45 V

PIV	31,1 V	30,4 V
I_{avg}	1 A	1,89 A

3.5.7 - PONTE DE DIODOS (ONDA COMPLETA)

Obtenha PIV, tensão de pico na saída e tensão de pico secundária.

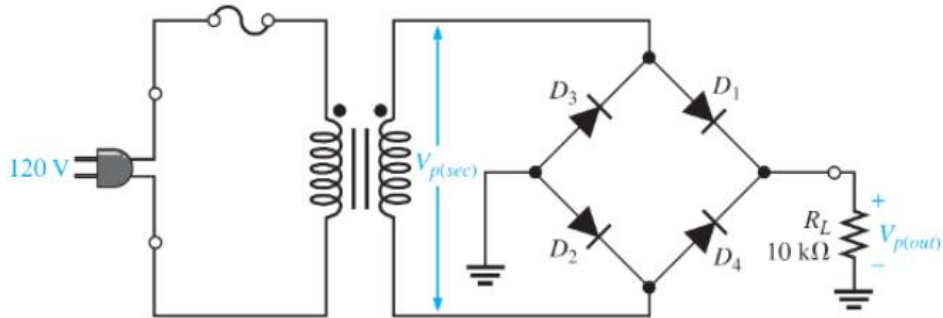


Figura 105 - Circuito 3.5.7 proposto

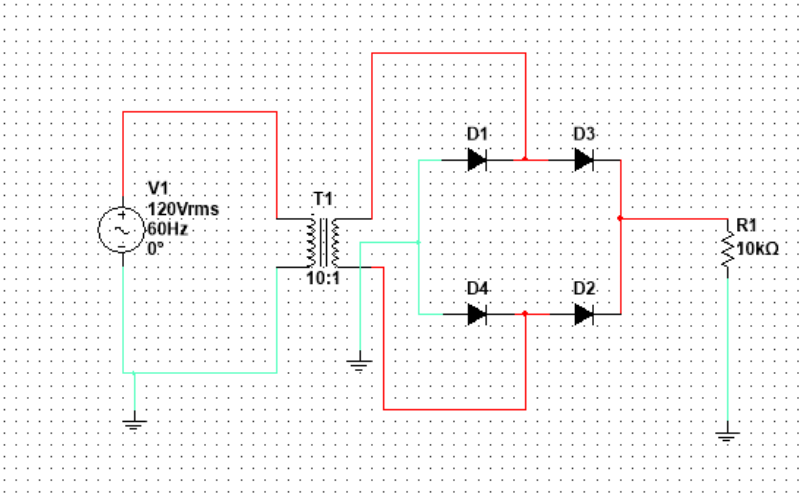


Figura 106 - Circuito 3.5.8 simulado

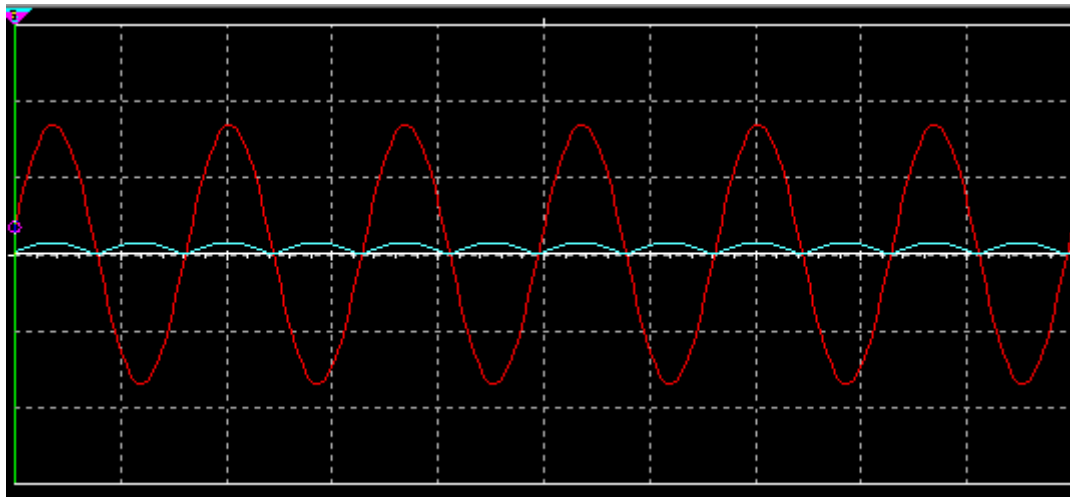


Figura 107 - Circuito 3.5.8 forma de onda

CÁLCULOS

$$Vp(sec) = \sqrt{2} * VRMS = \sqrt{2} * 12$$

$$Vp(Sec) = 17 V$$

$$Vp(out) = vp(sec) - 1,4 = 15,6 V$$

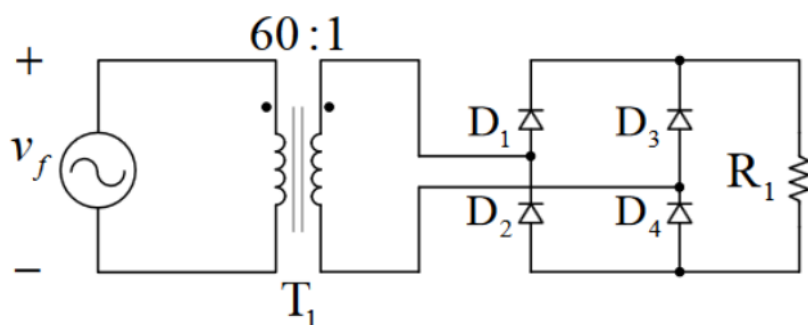
$$PIV = vp(out) + 0,7 = 16,3 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VP(sec)	16,9 V	17 V
VP (saída)	15,6V	15,6 V
PIV	16,9 V	16,3 V

3.5.8 – PONTE DE DIODOS EXERCÍCIO

Considerando o circuito abaixo:



Considerando os dados ao lado, determine:

- Tensão eficaz no primário de T_1 ;
- Tensão eficaz no secundário de T_1 ;
- Tensão média na saída;
- Tensão de pico na saída;
- Tensão reversa sobre os diodos;
- Corrente média na saída.

$$v_f(t) = 311 \cdot \sin(377 \cdot t) \text{ V};$$

$$R_1 = 5 \Omega;$$

$$D_{1-4} = \text{ideais};$$

$$T_1 = 60 : 1.$$

Figura 108 - Enunciado e circuito 3.5.8 proposto

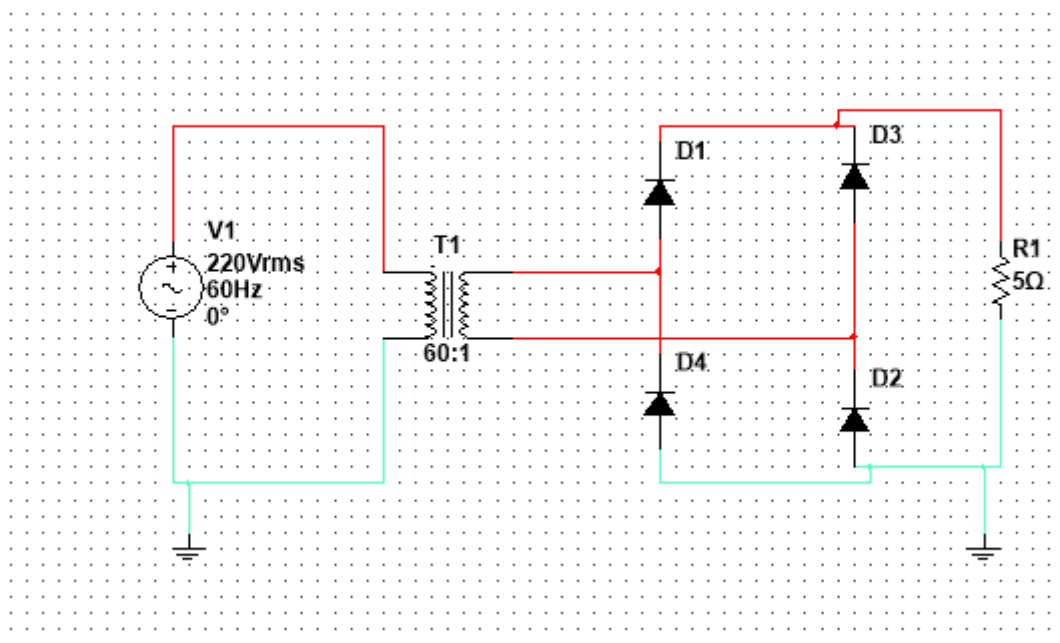


Figura 109 - Circuito 3.5.8 simulado

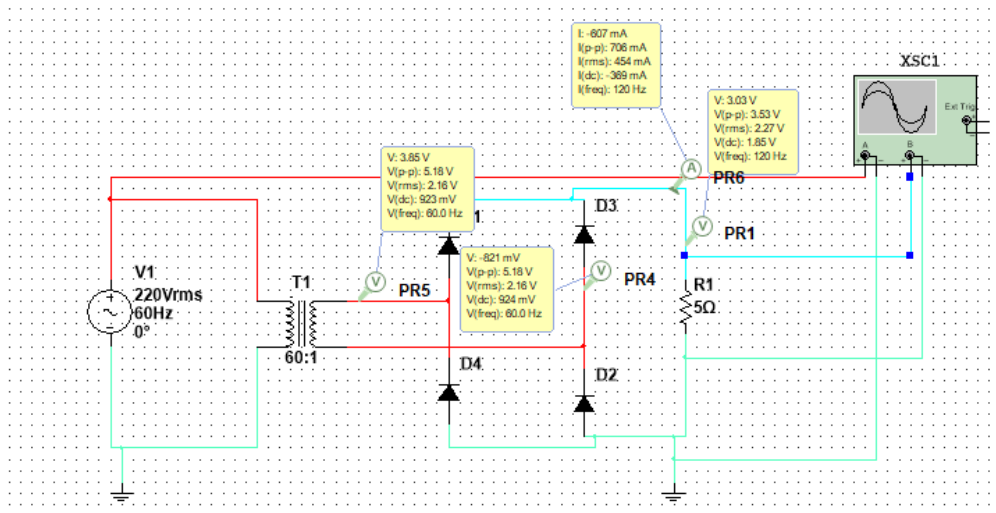


Figura 110 - Circuito 3.5.8 simulado

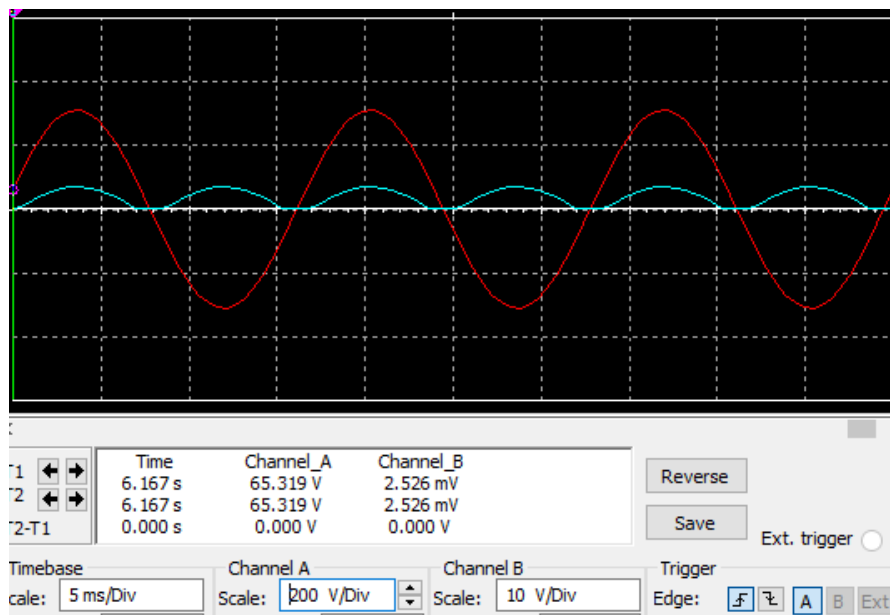


Figura 111 - Forma de onda circuito 3.5.8

CÁLCULOS

$$VRMS \text{ (primário)} = 311 \cdot \sqrt{2} = 220 \text{ V}$$

$$VRMS \text{ (sec)} = \frac{220}{60} = 3,67 \text{ V}$$

$$VPK \text{ (sec)} - \text{entrada} = 311 \cdot \frac{1}{60} = 5,18 \text{ V}$$

$$VPK \text{ (sec)} - \text{saída} = 5,18 - 1,4 = 3,73 \text{ V}$$

$$VDC \text{ (saída)} = \frac{2 \cdot 3,73}{\pi} = 2,37 \text{ V}$$

$$PIV = VPK \text{ (sec)} + 0,7 = 5,18 + 0,7 = 5,88 \text{ V}$$

$$I_{avg} = \frac{2,37}{5} = 0,47 \text{ A}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VRMS(sec)	2,16 V	3,67 V
VPK(sec)	5,18 V	5,18 V
VPK(saída)	3,53V	3,73 V
VDC(saída)	1,85 V	2,37 V
PIV	5,18 V	5,88 V
Iavg	0,45 A	0,47 A

3.6 – FILTROS CAPACITIVOS

3.6.1 – COM CARGA

Considere um retificador meia onda com v_i de 100V pico, frequência de 60Hz, C 100uF e R 10k. Calcule:

- A) A tensão de pico na saída
- B) A tensão de ripple .
- C) A tensão média na carga

in

Figura 112 - Enunciado

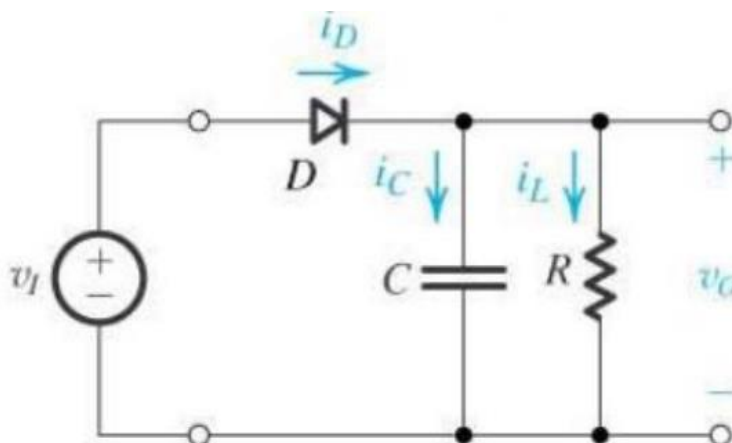


Figura 113 - Circuito 3.6.1

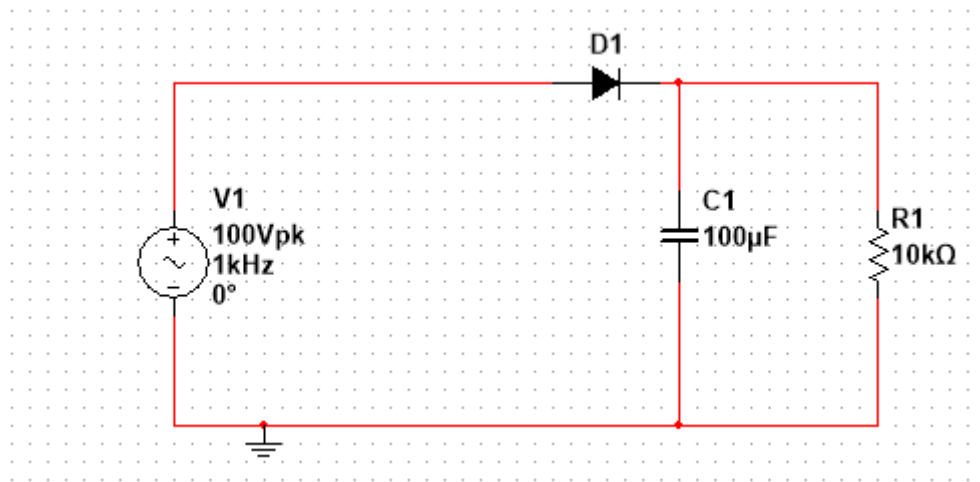


Figura 114 - Circuito 3.6.1 simulado

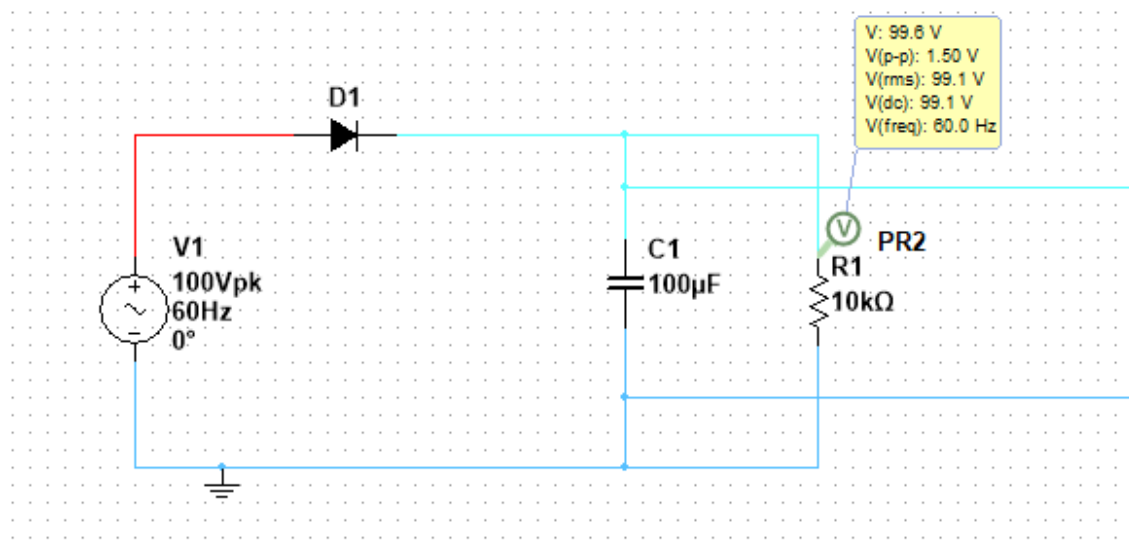


Figura 115 - Circuito 3.6.1 medido

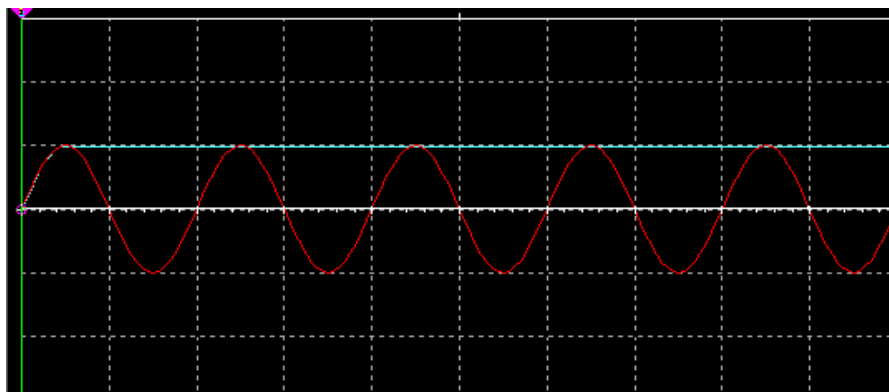


Figura 116 - Circuito 3.6.1 forma de onda

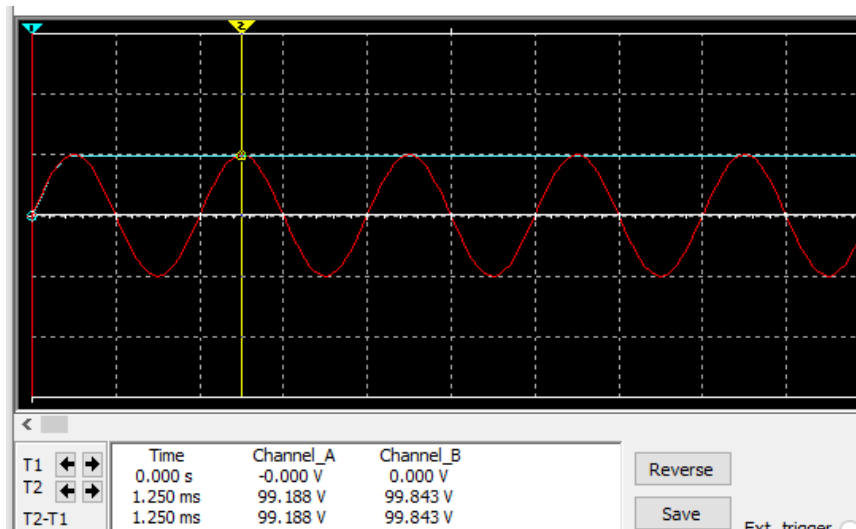


Figura 117 - Obtenção da tensão de ripple

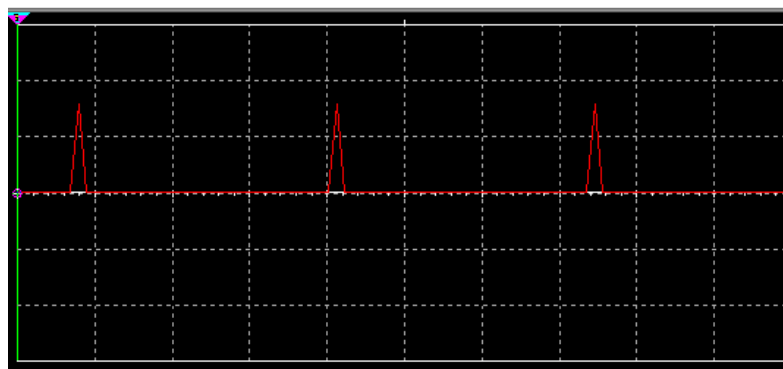


Figura 118 - Forma de onda corrente no diodo

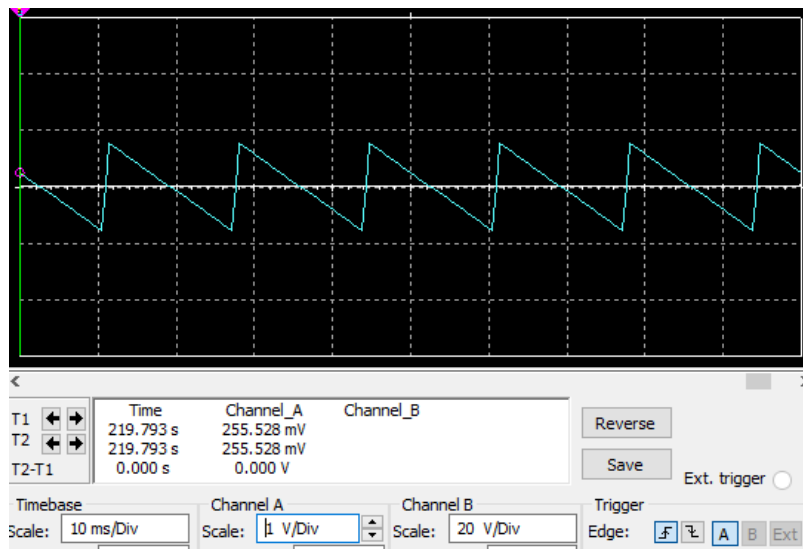


Figura 119 - forma de onda tensão de ripple

Para a mensuração da forma de onda da tensão de ripple, o canal A do osciloscópio foi modificado para a medição de tensão AC (alternada).

CÁLCULOS

$$VPK(saída) = 100 - 0,7 = 99,3 \text{ V}$$

$$V_{ripple} = \frac{V_p}{fRC} = \frac{99,3}{60 * 10000 * 0,00010} = 1,65 \text{ V}$$

$$VDC(carga) = V_p - \frac{V_{ripple}}{2} = 99,3 - \frac{1,65}{2} = 98,47 \text{ V}$$

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VP(saída)	98,4 V	99,3V
VRipple	1,53 V	1,65 V
VDC (carga)	98,4 V	98,47 V

3.6.2 – FILTRO CAPACITIVO – EXERCÍCIOS

Repita o exercício anterior utilizando um retificador de onda completa.

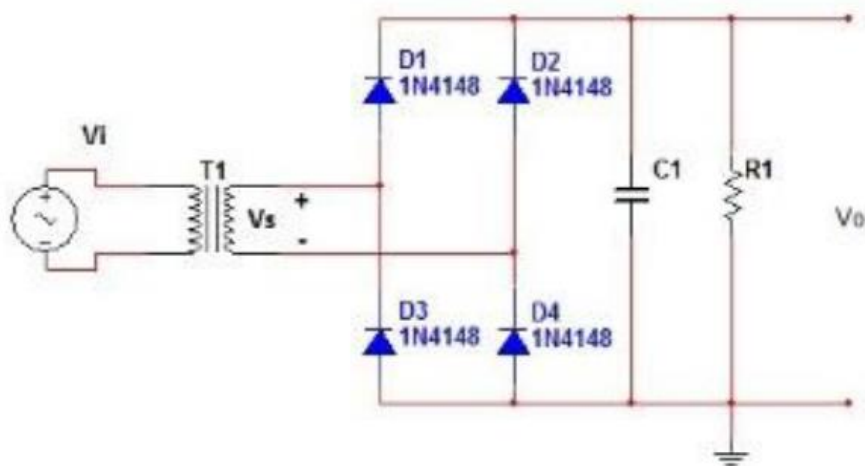


Figura 120 - Circuito 3.6.2 proposto

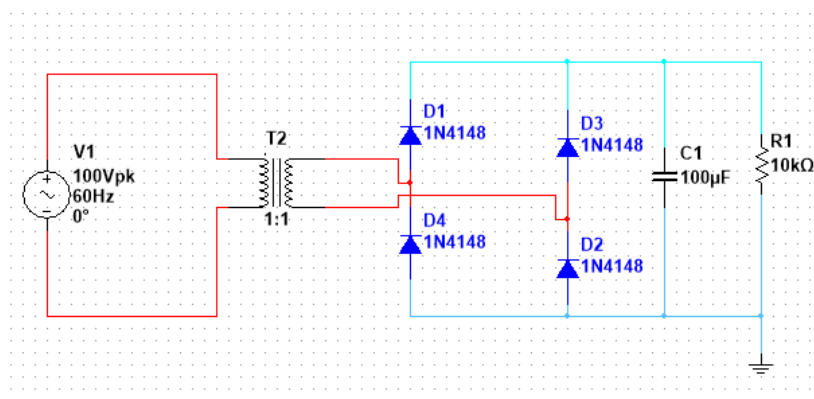


Figura 121 - Circuito 3.6.2 simulado

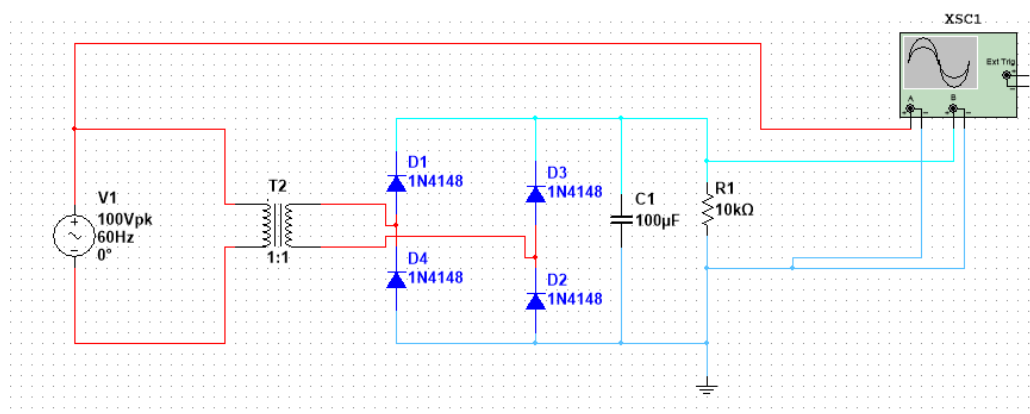


Figura 122 - Osciloscópio para forma de onda das tensões

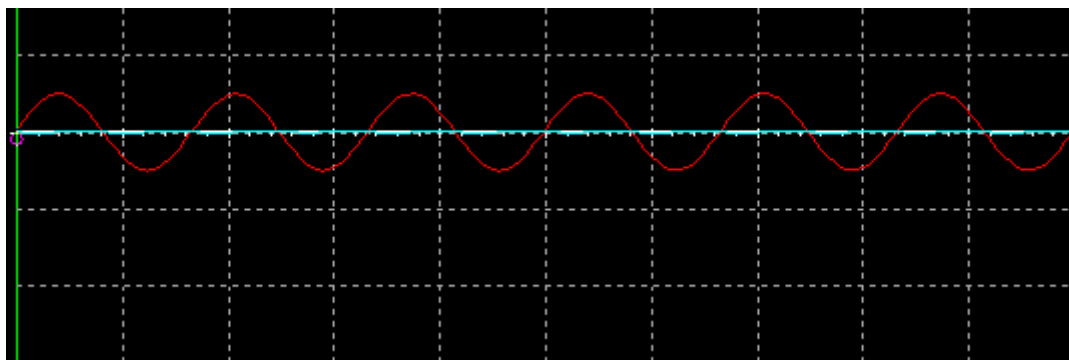


Figura 123 - Forma de onda da tensão de entrada e saída

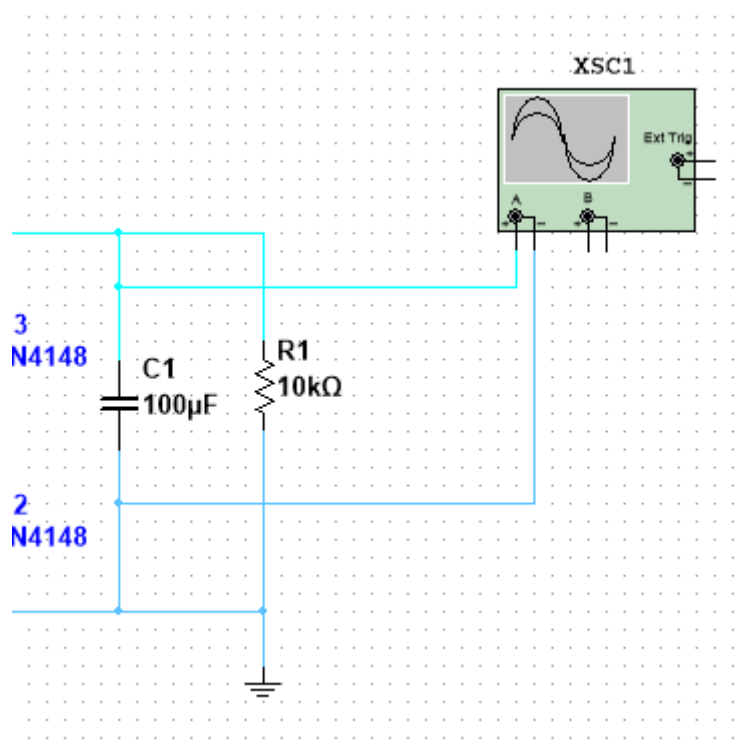


Figura 124 - Osciloscópio para a forma de onda da tensão de ripple

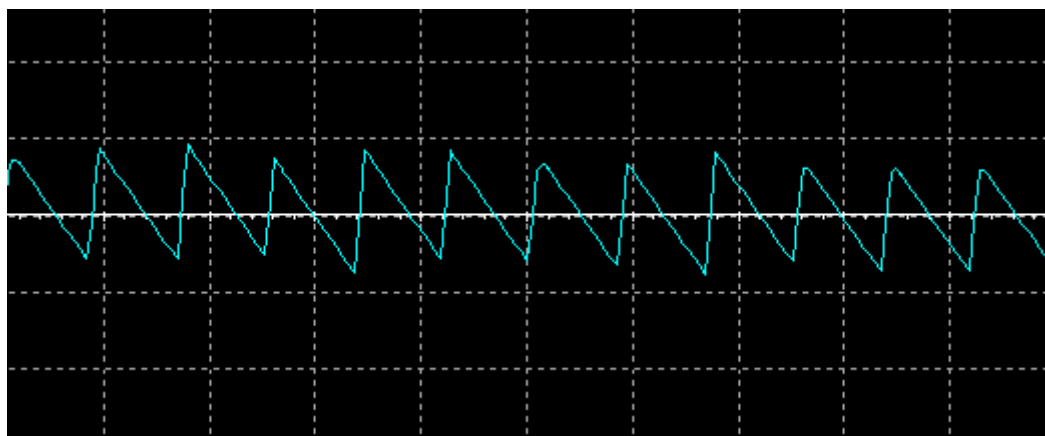


Figura 125 - Forma de onda da tensão de ripple

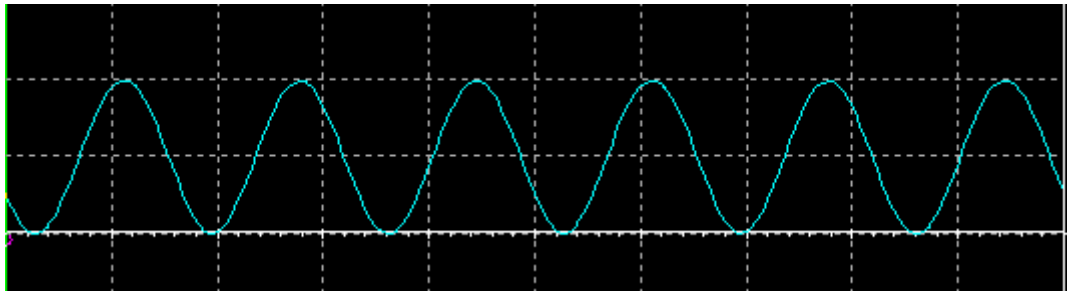


Figura 126 - Forma de onda da corrente no diodo

CÁLCULOS

$$VPK(saída) = 100 - 1,4 = 98,6 \text{ V}$$

$$V_{ripple} = \frac{V_p}{fRC} = \frac{98,6}{2 * (60 * 10000 * 0,00010)} = 0,82 \text{ V}$$

$$VDC(carga) = V_p - \frac{V_{ripple}}{2} = 98,6 - \frac{0,82}{2} = 98,19 \text{ V}$$

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VP(saída)	98,1V	98,6V
VRipple	0,75 V	0,82 V
VDC (carga)	97,9 V	98,19 V